



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11) EP 0 611 089 B1

(12)

EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention
of the grant of the patent:
07.06.2000 Bulletin 2000/23

(51) Int. Cl.⁷: G10K 11/16

(21) Application number: 94300769.0

(22) Date of filing: 02.02.1994

(54) Active acoustic control system matching model reference

Auf ein Referenzmodell abstimrende aktive akustische Regelung

Dispositif de contrôle acoustique actif s'adaptant à un modèle de référence

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB IT NL

(30) Priority: 11.02.1993 US 16694

(43) Date of publication of application:
17.08.1994 Bulletin 1994/33

(73) Proprietor: DIGISONIX, Inc.
Middleton, Wisconsin 53562 (US)

(72) Inventors:
• Popovich, Steven R.
Stoughton, Wisconsin 53589 (US)
• Laak, Trevor A.
Madison, Wisconsin 53704 (US)
• Aille, Mark C.
Oregon, Wisconsin 53575 (US)

(74) Representative:
Burke, Steven David et al
R.G.C. Jenkins & Co.
26 Caxton Street
London SW1H 0RJ (GB)

(56) References cited:
WO-A-91/13429 GB-A- 2 088 951
US-A- 2 043 416

- ASTROM & WITTENMARK 'Adaptive Control' 1989, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, READING, MASSACHUSETTS, USA * page 105, line 2 - page 106, line 12; figure 4.1 *
- JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol.91, no.5, May 1992, NEW YORK US pages 2740 - 2747 F. ORDUÑA-BUSTAMANTE & P.A. NELSON 'An adaptive controller for the active absorption of sound'

EP 0 611 089 B1

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

Description

BACKGROUND AND SUMMARY

- 5 [0001] The invention relates to active acoustic control systems.
- [0002] The invention arose during continuing development efforts relating to the subject matter shown and described in U.S. Patents, 4,677,676, 4,677,677, 4,736,431, 4,815,139, 4,837,834, 4,987,598, 5,022,082, 5,033,082, 5,172,416 and allowed U.S. application Serial Nos. 07/691,557, 07/794,115, 07/835,721, these applications corresponding respectively to EP-A-0510864, EP-A-0542457 and EP-A-0555585.
- 10 [0003] These patents and applications relate to active acoustic attenuation systems. Active acoustic attenuation for sound or vibration cancellation or reduction involves injecting a canceling acoustic wave to destructively interfere with and cancel or reduce an input acoustic wave. In an active acoustic attenuation system the output acoustic wave is sensed with an error transducer such as a microphone or accelerometer which transducer such as a microphone or accelerometer which supplies an error signal to an adaptive filter model which in turn supplies a correction signal to a
- 15 canceling transducer such as a loudspeaker or shaker which injects an acoustic wave to destructively interfere with and cancel or reduce the input acoustic wave.
- [0004] The present invention provides an active acoustic system as set out in claim 1.
- [0005] A model reference is provided having a selectably programmable response. For example, in a vibration control system providing force and/or motion isolation, a certain damping response characteristic may be desired such as
- 20 over-damped, under-damped, quick response, slow stable response with no overshoot, etc. A model reference is selected or programmed to have such response. An active model is then provided, including in combination an acoustic path and an adaptive filter such that the combination of the acoustic path and the adaptive filter adaptively models the model reference such that the combined response of the acoustic path and the adaptive filter provide an active model response matching the response of the model reference. The acoustic path may be a sound duct, a vibration table, a
- 25 frame, cab, seats, engine or interior of a vehicle, or other complex structures or environments for sound or vibration propagation where it is desired to provide a selectably programmable response of an acoustic wave propagating along an acoustic path to provide a controlled response.
- [0006] In a further embodiment, the invention additionally provides active acoustic attenuation. A controlled adaptive response to the input acoustic wave is provided, matching the response of the selectably programmable model reference, and additionally the input acoustic wave is attenuated or canceled. The noted adaptively controlled response characteristic facilitates the attenuation because of the noted matching to a known model reference.
- 30 [0007] The invention also provides an active acoustic control method as set out in claim 36.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

35

[0008]

- FIG. 1 is a schematic illustration of an active acoustic system in accordance with an embodiment of the invention.
- FIG. 2 is like FIG. 1 and shows a further embodiment.
- 40 FIG. 3 is like FIG. 1 and shows a further embodiment.
- FIG. 4 is like FIG. 1 and shows a further embodiment.
- FIG. 5 is like FIG. 1 and shows a further embodiment.
- FIG. 6 is like FIGS. 2 and 4 and shows a further embodiment.
- FIG. 7 is like FIGS. 2 and 5 and shows a further embodiment.
- 45 FIG. 8 is like FIGS. 3 and 4 and shows a further embodiment.
- FIG. 9 is like FIGS. 3 and 5 and shows a further embodiment.
- FIG. 10 is like FIG. 1 and shows a further embodiment.
- FIG. 11 further illustrates the system of FIG. 1.
- FIG. 12 further illustrates the system of FIG. 1 in another embodiment.
- 50 FIG. 13 is like FIG. 12 and shows a further embodiment.
- FIG. 14 is like FIG. 13 and shows a further embodiment.
- FIG. 15 is like FIG. 10 and shows a further embodiment.

DETAILED DESCRIPTION

55

- [0009] FIG. 1 shows an active acoustic system 20 including a model reference R at 22 having a selectably programmable response, for example Adaptive Control, Astrom and Wittenmark, Lund Institute of Technology, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 1989, Chapter 4, pages 105-162. The model reference is selected or

programmed to have a desired response, e.g. in a vibration application to have a given damping characteristic response. System 20 further includes an active model M at 24 including in combination an acoustic path P at 26 and an adaptive filter 28 such that the combination of acoustic path 26 and adaptive filter 28 adaptively models model reference 22 such that the combined response of acoustic path 26 and adaptive filter 28 provides an active model response matching the response of model reference 22. Adaptive filter 28 is preferably an infinite impulse response, IIR, filter as in the above noted incorporated patents, preferably provided by an RLMS (recursive least mean square) filter including LMS (least mean square) algorithm filter A₁ at 30 and LMS algorithm filter B₁ at 32. In another embodiment, filter 28 is provided by a finite impulse response, FIR, filter.

[0010] A first transducer T₁ at 34, e.g. a loudspeaker, shaker, force motor, or other acoustic actuator, is provided for introducing an acoustic wave to acoustic path 26. A second transducer T₂ at 36, e.g. a microphone, accelerometer, load cell, velocity sensor such as a geophone, or other acoustic sensor, is provided for sensing the response of the acoustic path. A summer 38 sums the outputs 40 and 42 of model reference 22 and active model 24, respectively, and provides the resultant sum as an error signal 44. Adaptive filter 28 has a filter input 46 from transducer 36, a filter output 48 to transducer 34, and an error input 50 from summer 38. The input 46 to adaptive filter 28 is also provided as the output 42 of active model 24 to summer 38.

[0011] An auxiliary noise source 52 introduces auxiliary noise to model reference 22 at input 54 and to active model 24 at input 56. The auxiliary noise is random and uncorrelated to the external disturbances 58 to which the acoustic path is subject. In preferred form, and as in U.S. Patent 4,677,676, the auxiliary noise is provided by a Galois sequence, Number Theory In Science And Communications, M.R. Schroeder, Berlin: Springer-Verlag, 1984, pages 252-261, though other random noise sources may be used to provide the uncorrelated sound or vibration noise signal. The Galois sequence is a pseudorandom sequence that repeats after 2^M-1 points, where M is the number of stages in a shift register. The Galois sequence is preferred because it is easy to calculate and can easily have a period much longer than the response time of the system.

[0012] Summer 60 sums the output 48 of adaptive filter 28 and the auxiliary noise at 62 from auxiliary noise source 52, and provides the resultant sum at 64 to transducer 34. Another adaptive filter C at 66 has a filter input 63 receiving auxiliary noise from auxiliary noise source 52, comparably to adaptive filter 142 in U.S. Patent 4,677,676. Summer 70 sums the output 72 of adaptive filter 66 and the output at 74 of transducer 36, and supplies the resultant sum at 76 as an error input to adaptive filter 66. Multiplier 78 multiplies the output of auxiliary noise source 52 at filter input 68 with the output 76 of summer 70 and supplies the resultant product at 80 as a weight update signal to C filter 66. The filter input 68 to C filter 66 is provided from the input 56 to active model 24. C filter 66 is preferably an LMS algorithm filter.

[0013] The A₁ and B₁ adaptive algorithm filters 30 and 32 each have an error input 82 and 84, respectively, from the output 44 of summer 38. Summer 86 sums the outputs 88 and 90 of filters 30 and 32, respectively, and supplies the resultant sum at 92 as an input at 48 to summer 60 for summing with the auxiliary noise. A copy C' of filter 66 is provided in filter 28 at 94, and another copy C' of filter 66 is provided in filter 28 at 96, as in U.S. Patent 4,677,676. C' copy 94 of C filter 66 has an input 98 from transducer 36. C' copy 96 of C filter 66 has an input 100 from the output 92 of summer 86. Multiplier 102 multiplies the output 104 of C' copy 94 with the output of summer 38 and supplies the resultant product at 106 as a weight update signal to the A₁ filter 30. Multiplier 108 multiplies the output 110 of C' copy 96 with the output of summer 38 and supplies the resultant product at 112 as a weight update signal to the B filter 32.

[0014] FIG. 2 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 1 where appropriate to facilitate understanding. In FIG. 2, another adaptive filter N₁ at 120 has a filter input 122 from the output of acoustic path P, a filter output 124 to summer 38, and an error input 126 from the output of summer 38. Multiplier 125 multiplies the input 122 to filter 120 with the output of summer 38 and provides the resultant product at 130 as a weight update signal to filter 120.

[0015] The product of active model M at 24 and adaptive filter N₁ at 120 models and converges to model reference R, i.e.

$$M \cdot N_1 = R \quad \text{Equation 1}$$

Thus, adaptive filter N₁ models the quotient of model reference R and active model M, i.e.

$$N_1 = \frac{R}{M} \quad \text{Equation 2}$$

The inclusion of adaptive filter N₁ to model the quotient of the model reference R and the active model M improves matching thereof, particularly the filter gains.

[0016] FIG. 3 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 1 where appropriate to

facilitate understanding. In FIG. 3, an adaptive filter N_2 at 140 has a filter input 142 receiving input noise, a filter output 144 to the input of the acoustic path P through summer 146, and an error input 148 from the output of summer 38. The output 144 of adaptive filter 140 is also provided to filter input 68 of C filter 66. A C' copy 150 of C filter 66 has an input 152 from the input 142 to adaptive filter 140. Multiplier 154 multiplies the output 156 of C' copy 150 with the output of summer 38 and supplies the resultant product at 158 as a weight update signal to adaptive filter 140.

[0017] In FIG. 3, the product of adaptive filter N_2 and active model M models and converges to model reference R, i.e.

$$N_2 \cdot M = R \quad \text{Equation 3}$$

Thus, adaptive filter N_2 models the quotient of the model reference R and active model M, i.e.

$$N_2 = \frac{R}{M} \quad \text{Equation 4}$$

The inclusion of adaptive filter N_2 to model the quotient of model reference R and the active model M improves matching thereof, particularly the filter gains.

[0018] FIG. 4 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 1 where appropriate to facilitate understanding. In FIG. 4, an adaptive filter N_3 at 170 has a filter input 172 from the output of model reference 22, a filter output 174 to summer 38, and an error input 176 from the output of summer 38. Multiplier 178 multiplies the input 172 to filter 170 with the output of summer 38 and provides the resultant product at 180 as a weight update signal to adaptive filter 170.

[0019] In FIG. 4, the product of model reference R and adaptive filter N_3 models and converges to active model M, and likewise active model M models and converges to the product of model reference R and adaptive filter N_3 , i.e.

$$R \cdot N_3 = M \quad \text{Equation 5}$$

Thus, adaptive filter N_3 models the quotient of active model M and model reference R, i.e.

$$N_3 = \frac{M}{R} \quad \text{Equation 6}$$

The inclusion of adaptive filter N_3 to model the quotient of active model M and model reference R improves matching thereof, particularly the filter gains.

[0020] FIG. 5 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 1 where appropriate to facilitate understanding. In FIG. 5, an adaptive filter N_4 at 190 has a filter input 192 receiving input noise, a filter output 194 to the input of model reference 22, and an error input 196 from the output of summer 38. A copy R' of the model reference R is provided at 198 and has an input 200 from the input 192 to adaptive filter 190. Multiplier 202 multiplies the output 204 of R' copy 198 with the output of summer 38 and supplies the resultant product at 206 as a weight update signal to adaptive filter 190.

[0021] In FIG. 5, the product of adaptive filter N_4 and model reference R models and converges to active model M, and likewise active model M models and converges to the product of adaptive model N_4 and model reference R, i.e.

$$N_4 \cdot R = M \quad \text{Equation 7}$$

Thus, adaptive filter N_4 models the quotient of active model M and model reference R, i.e.

$$N_4 = \frac{M}{R} \quad \text{Equation 8}$$

The inclusion of adaptive filter N_4 to model the quotient of active model M and model reference R improves matching thereof, particularly the filter gains.

[0022] FIG. 6 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIGS. 2 and 4 where appropriate to facilitate understanding. In FIG. 6, the system of FIG. 2 is provided with another adaptive N filter in accordance with FIG. 4, to provide a combination of N_1 and N_3 such that

$$R \cdot N_3 = M \cdot N_1 \quad \text{Equation 9}$$

Thus, the model reference R is further factored by N_3 , and N_1 models the quotient of such further factored model reference and the active model M, i.e.

$$N_1 = \frac{R \cdot N_3}{M} \quad \text{Equation 10}$$

Likewise, active model M is further factored by N_1 , and N_3 models the quotient of such further factored active model and the model reference R, i.e.

$$N_3 = \frac{M \cdot N_1}{R} \quad \text{Equation 11}$$

[0023] FIG. 7 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIGS. 2 and 5 where appropriate to facilitate understanding. In FIG. 7, the system of FIG. 2 is provided with another adaptive N filter in accordance with FIG. 5, to provide a combination of N_1 and N_4 such that

$$N_1 \cdot R = M \cdot N_4 \quad \text{Equation 12}$$

Thus, the model reference R is further factored by N_4 , and N_1 models the quotient of such further factored model reference and the active model M, i.e.

$$N_1 = \frac{N_4 \cdot R}{M} \quad \text{Equation 13}$$

Likewise, active model M is further factored by N_1 , and N_4 models the quotient of such further factored active model and the model reference R, i.e.

$$N_4 = \frac{M \cdot N_1}{R} \quad \text{Equation 14}$$

[0024] FIG. 8 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIGS. 3 and 4 where appropriate to facilitate understanding. In FIG. 8, the system of FIG. 3 is provided with another adaptive N filter in accordance with FIG. 4, to provide a combination of N_2 and N_3 such that

$$R \cdot N_3 = N_2 \cdot M \quad \text{Equation 15}$$

Thus, the model reference R is further factored by N_3 , and N_2 models the quotient of such further factored model reference and the active model M, i.e.

$$N_2 = \frac{R \cdot N_3}{M} \quad \text{Equation 16}$$

Likewise, active model M is further factored by N_2 , and N_3 models the quotient of such further factored active model and the model reference R, i.e.

$$N_3 = \frac{N_2 \cdot M}{R} \quad \text{Equation 17}$$

[0025] FIG. 9 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIGS. 3 and 5 where appropriate to facilitate understanding. In FIG. 9, the system of FIG. 3 is provided with another adaptive N filter in accordance with FIG. 5, to provide the combination of N_2 and N_4 such that

$$N_1 \cdot R = N_2 \cdot M \quad \text{Equation 18}$$

Thus, the model reference R is further factored by N_4 , and N_2 models the quotient of such further factored model reference and the active model M, i.e.

$$N_2 = \frac{N_4 \cdot R}{M} \quad \text{Equation 19}$$

Likewise, active model M is further factored by N_2 , and N_4 models the quotient of such further factored active model and the model reference R, i.e.

$$N_4 = \frac{N_2 \cdot M}{R} \quad \text{Equation 20}$$

[0026] In FIGS. 2-9, each of adaptive filters N_1 , N_2 , N_3 , N_4 is preferably an FIR adaptive filter, preferably provided by an LMS algorithm filter. In an alternate embodiment, such filters are IIR filters, preferably RLMS filters.

[0027] FIG. 10 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 1 where appropriate to facilitate understanding. FIG. 10 shows an active acoustic attenuation system 220 incorporating the system of FIG. 1 and additionally attenuating or canceling an input acoustic wave. Transducer 34 provides an output transducer introducing a canceling acoustic wave to attenuate the input acoustic wave and yield an attenuated output acoustic wave. Transducer 36 provides an error transducer sensing the output acoustic wave. Adaptive filter 222 outputs a correction signal at 224 to transducer 34 to introduce the canceling acoustic wave. Summer 226 sums the auxiliary random noise from source 52 and the output 224 of adaptive filter 222. Summer 228 sums the output 48 of adaptive filter 28 and the output of summer 226 and supplies the resultant sum to transducer 34. The summation of the auxiliary random noise at 62 and filter outputs 224 and 48 may be split into two stages as shown at summers 226 and 228, or may be combined in a single summation step, i.e. the summation may be provided by a pair of two-input summers or by a single three-input summer.

[0028] Adaptive filter 222 is preferably an IIR filter, as shown at 40 in U.S. Patent 4,677,676, preferably an RLMS algorithm filter including an LMS algorithm filter A_2 at 232, and an LMS algorithm filter B_2 at 234, each having an error input 236 from the output of summer 38. Summer 238 sums the outputs of A_2 and B_2 algorithm filters 232 and 234 and supplies the resultant sum at filter output 224 to the input of summer combination 226, 228. A copy C' of C filter 66 is provided at 240 and has an input from the input 242 to the A_2 filter 232. Multiplier 244 multiplies the output of C' copy

240 and the output of summer 38 and supplies the resultant product at 246 as a weight update signal to algorithm filter 232. Another copy C' of C filter 66 is provided at 248 and has an input from the input to B₂ filter 234 from the output of summer 238. Multiplier 250 multiplies the output of C' copy 248 with the output of summer 38 and supplies the resultant product at 252 as a weight update signal to algorithm filter 234.

5 [0029] Summer 254 sums the output of C' copy 248 and the output of summer 38, and supplies the resultant sum as the input at 242 to adaptive algorithm filter 232. This is known as the equation error form, as noted in allowed U.S. application Serial No. 07/835,721. This form is useable for a correlated input acoustic wave, eliminating the need for an input transducer such as 10 in incorporated U.S. Patent 4,677,676. Correlated means periodic, band-limited, or otherwise having some predictability. In an alternate embodiment, the input signal at 242 is provided by an input transducer, such as an input microphone or accelerometer, or by some signal which is itself correlated to the input acoustic wave, e.g. from a tachometer.

[0030] In further alternatives, the embodiments in FIGS. 2-9 are used in combination in the system of FIG. 10. In using the systems of FIGS. 3, 8 or 9 in FIG. 10, it is preferred that N₂ be provided in series between summers 226 and 228.

15 [0031] FIG. 11 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 1 where appropriate to facilitate understanding. FIG. 11 shows the system of FIG. 1 in a sound application where the acoustic path P is provided by duct 260 having transducer T₁ provided by loudspeaker 262, and transducer T₂ provided by microphone 264.

[0032] FIG. 12 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 1 where appropriate to facilitate understanding. FIG. 12 shows the system of FIG. 1 in a vibration application where the acoustic path P is provided by table 270 having transducer T₁ provided by shaker or force motor 272, and transducer T₂ provided by accelerometer 274.

[0033] FIG. 13 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 12 where appropriate to facilitate understanding. FIG. 13 shows the system of FIG. 12 in a force isolation application, for example active engine mounts in an automobile, truck or other vehicle, where the acoustic path P is the vehicle frame 280. A mass 282, such as the vehicle engine is mounted to the frame by engine mounts having a resilient spring factor 284, and a damping factor 286. Frame 280 is subject to external disturbances such as provided by the mass or engine 282, which for example may be the reciprocating piston movement within the engine. Force motor 272 applies controlled force between mass 282 and frame 280 to provide force isolation, isolating frame 280 from the force or disturbances of mass 282. One particularly desirable implementation of the system in FIG. 13 isolates a vehicle frame 280, and hence the vehicle passengers, from engine vibration, particularly at idle or low engine rpm. This eliminates the need for crankshaft counterweights to provide smooth vibration-free engine operation at idle. In a further embodiment of the system of FIG. 13, mass 282 is an inertial mass, and frame 280 is subject to disturbances. This latter implementation is also useful in engine mount applications.

[0034] FIG. 14 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 13 where appropriate to facilitate understanding. FIG. 14 shows the system of FIG. 13 in a vibration application for motion isolation, isolating a mass 290, such as a vehicle cab, from the motion of the vehicle frame 292 which is subject to external disturbances such as road bumps, etc. The acoustic path P is the mass 290, for example the vehicle cab which is mounted to the vehicle frame 292 by a suspension system including spring 294 and damping shock absorbers 296.

40 [0035] FIG. 15 shows a further embodiment, and uses like reference numerals from FIG. 10 where appropriate to facilitate understanding. In the embodiment of FIG. 15, the auxiliary random noise signal from source 52 is filtered by a shaping bandpass filter 298 to provide a random noise signal with a desired power spectrum, to provide a tighter fit of active model M and model reference R as a function of frequency. In a further embodiment as also shown in FIG. 15, model input 242 is provided by a reference input signal from an input source 300, such as a tachometer or other acoustic sensor, which input signal is correlated to the external disturbances. In a further embodiment, model reference R can be calculated from or include a function of the controller parameters A₁, B₁ and/or the acoustic path P and/or the transducers T₁, T₂. In a further embodiment, filters N₁, N₂, N₃, N₄ can be calculated from or include a function of the controller parameters A₁, B₁ and/or the acoustic path P and/or the transducers T₁, T₂.

[0036] It is recognized that various equivalents, alternatives and modifications are possible within the scope of the appended claims.

Claims

1. An active acoustic system comprising:

55 a model reference (22) having a selectably programmable response;
an active model (24) comprising in combination an acoustic path (26) and an adaptive filter (28) such that the combination of said acoustic path (26) and said adaptive filter (28) adaptively models said model reference (22) such that the combined response of said acoustic path (26) and said adaptive filter (28) provides an active

model response matching the response of said model reference (22).

2. The system according to claim 1 comprising:

5 a first transducer (34) for introducing an acoustic wave to said acoustic path (26);
 a second transducer (36) for sensing the response of said acoustic path (26);
 a summer (38) summing the outputs of said model reference (22) and said active model (24) and providing the
 resultant sum as an error signal;
 10 said adaptive filter (28) having a filter input (46) from said second transducer (36), a filter output (48) to said
 first transducer (34), and an error input (50) from said summer (38).

3. The system according to claim 2 comprising an auxiliary noise source (52) for introducing auxiliary noise to said
 active model (24).

15 4. The system according to claim 3 wherein said acoustic path (26) is subject to external disturbances, and said aux-
 iliary noise is random and uncorrelated to said external disturbances.

5. The system according to claim 4 wherein said auxiliary random noise is filtered by a shaping bandpass filter (298)
 to provide a tightness of fit of said active model and said model reference as a function of frequency.

20 6. The system according to claim 3 comprising a second summer (60) for summing the output of said adaptive filter
 (28) and said auxiliary noise from said auxiliary noise source (52), and for providing the resultant sum to said first
 transducer (34).

25 7. The system according to claim 6 wherein the input (46) to said adaptive filter (28) is also provided as the output of
 said active model (24) to said first mentioned summer (38).

8. The system according to claim 3 comprising a second adaptive filter (66) having a filter input (68) receiving said
 auxiliary noise, a copy (94) of said second adaptive filter in said first mentioned adaptive filter (28), a second sum-
 30 mer (70) summing the output of said second adaptive filter (66) and the output of said second transducer (36) and
 supplying the resultant sum as an error input (80) to said second adaptive filter (66).

9. The system according to claim 8 comprising:

35 a third summer (60) summing auxiliary noise from said auxiliary noise source (52) and the output (48) or said
 first adaptive filter (28) and supplying the resultant sum to said first transducer;
 wherein said first adaptive filter (28) comprises first and second algorithm filters (30, 32) each having an error
 input from the output of said first mentioned summer (38);
 a fourth summer (86) summing the outputs of said first and second algorithm filters (30, 32) and supplying the
 40 resultant sum as an input to said third summer (60) for summing with said auxiliary noise;
 a first copy (94) of said second adaptive filter (66) having an input from said second transducer (36);
 a second copy (96) of said second adaptive filter (66) having an input from the output of said fourth summer
 (86);
 a first multiplier (102) multiplying the output of said first copy (94) with the output of said first summer (38) and
 45 supplying the resultant product as a weight update signal to said first algorithm filter (30);
 a second multiplier (108) multiplying the output of said second copy (96) with the output of said first summer
 (38) and supplying the resultant product as a weight update signal to said second algorithm filter (32).

50 10. The system according to claim 2 comprising a second adaptive filter (66) having a filter input from an input to said
 active model, and a second summer (70) summing the output of said second adaptive filter (66) and the output of
 said second transducer (36) and supplying the resultant sum as an error input to said second adaptive filter (66).

11. The system according to claim 2 comprising a second filter (120, 140) modeling the quotient of said model refer-
 55 ence (22) and said active model (24) to improve matching thereof.

12. The system according to claim 11 wherein said second filter (120) is adaptive and has a filter input from the output
 of said acoustic path, a filter output to said summer (38), and an error input from the output of said summer (38).

13. The system according to claim 11 wherein said second adaptive filter (140) has a filter input receiving input noise, a filter output to the input of said acoustic path, and an error input from the output of said summer (38).
14. The system according to claim 13 comprising:
- 5 a third adaptive filter (66) having a filter input from the output of said second adaptive filter (140);
a second summer (70) summing the output of said third adaptive filter (66) and the output of said second transducer (36) and supplying the resultant sum as an error input to said third adaptive filter (66);
a copy (150) of said third adaptive filter (66) having an input from the input to said second adaptive filter (140);
10 a multiplier (154) multiplying the output of said copy (150) with the output of said first summer (38) and supplying the resultant product as a weight update signal to said second adaptive filter (140).
15. The system according to claim 2 comprising a second filter (170, 190) modeling the quotient of said active model (24) and said model reference (22) to improve matching thereof.
- 15 16. The system according to claim 15 wherein said second filter (170) is adaptive and has a filter input from the output of said model reference (22), a filter output to said summer (38), and an error input from the output of said summer (38).
- 20 17. The system according to claim 15 wherein said second adaptive filter (190) has a filter input receiving input noise, a filter output to the input of said model reference (22), and an error input from the output of said summer (38).
18. The system according to claim 17 comprising:
- 25 a copy (198) of said model reference having an input from the input to said second adaptive filter (190);
a multiplier (202) multiplying the output of said copy with the output of said first summer (38) and supplying the resultant product as a weight update signal to said second adaptive filter (190).
19. The system according to claim 2 comprising a second filter (120, 140) modeling the quotient of said model reference (22) and said active model (24), and a third filter (170, 190) modeling the quotient of said active model (24) and said model reference (22), to improve the matching of active model response to the response of said model reference.
- 30 20. The system according to claim 19 wherein:
said second filter (120) is adaptive and has a filter input from the output of said acoustic path (26), a filter output to said summer (38), and an error input from the output of said summer (38);
said third filter (170) is adaptive and has a filter input from the output of said model reference (22), a filter output to said summer (38), and an error input from the output of said summer (38).
- 40 21. The system according to claim 19 wherein:
said second filter (120) is adaptive and has a filter input from the output of said acoustic path (26), a filter output to said summer (38), and an error input from the output of said summer (38);
said third filter (190) is adaptive and has a filter input receiving input noise, a filter output to the input of said model reference (22), and an error input from the output of said summer (38).
- 45 22. The system according to claim 19 wherein:
said second filter (140) is adaptive and has a filter input receiving noise, a filter output to the input of said acoustic path (26), and an error input from the output of said summer (38);
said third filter (170) is adaptive and has a filter input from the output of said model reference (22), a filter output to said summer (38), and an error input from the output of said summer (38).
- 50 23. The system according to claim 19 wherein:
said second filter (140) is adaptive and has a filter input receiving input noise, a filter output to the input of said acoustic path (26), and an error input from the output of said summer (38);
55 said third filter (190) is adaptive and has a filter input receiving input noise, a filter output to the input of said model reference (22), and an error input from the output of said summer (38).
24. The system according to claim 1 comprising:

an output transducer (34) for introducing a canceling acoustic wave to attenuate an input acoustic wave and yield an attenuated output acoustic wave;
 an error transducer (36) for sensing said output acoustic wave; and
 a first adaptive filter (222) for outputting a correction signal to said output transducer (34) to introduce the canceling acoustic wave.

25. The system according to claim 24 comprising a summer (38) summing the outputs of said model reference (22) and said active model (24) and providing the resultant sum as an error signal, and wherein said second adaptive filter (28) has a filter input from said error transducer (36), a filter output to said output transducer (34), and an error input from the output of said summer (38).

26. The system according to claim 25 comprising a second summer (228) summing the outputs of said first and second adaptive filters (222, 28) and supplying the resultant sum to said output transducer (34), and wherein said first adaptive filter has an error input from said first summer (38).

27. The system according to claim 26 comprising:

an auxiliary noise source (52) introducing auxiliary noise to said model reference (22) and to said active model (24);

a third adaptive filter (66) having a filter input receiving said auxiliary noise;

a third summer (70) summing the output of said third adaptive filter (66) and the output of said error transducer (36) and supplying the resultant sum as an error input to said third adaptive filter (66).

28. The system according to claim 27 wherein said second adaptive filter (28) comprises first and second algorithm filters (30, 32) each having an error input from the output of said first summer (38), and comprising:

a fourth summer (86) summing the outputs of said first and second algorithm filters (30, 32) and supplying the resultant sum as an input to said second summer (228);

a first copy (94) of said third adaptive filter (66) having an input from said error transducer (36);

a second copy (96) of said third adaptive filter (66) having an input from the output of said fourth summer (86);

a first multiplier (102) multiplying the output of said first copy (94) with the output of said first summer (38) and supplying the resultant product as a weight update signal to said first algorithm filter (30);

a second multiplier (108) multiplying the output of said second copy (96) with said output of said first summer (38) and supplying the resultant product as a weight update signal to said second algorithm filter (32).

29. The system according to claim 28 comprising:

a third copy (248) of said third adaptive filter (66) having an input from the input to said first adaptive filter (28);

a third multiplier (250) multiplying the output of said third copy (248) with the output of said first summer (38) and supplying the resultant product as a weight update signal to said first adaptive filter (28).

30. The system according to claim 27 comprising:

a fourth copy (240) of said third adaptive filter (66) having an input from the output of said first adaptive filter (28);

a fifth summer (238) summing the output of said fourth copy and the output of said first summer (38) and supplying the resultant sum as an input to said first adaptive filter (28).

31. The system according to claim 28 wherein said first adaptive filter (222) comprises third and fourth algorithm filters (232, 234), and comprising:

a fifth summer (238) summing the outputs of said third and fourth algorithm filters (232, 234);

a sixth summer (226) summing said auxiliary noise and the output of said fifth summer (238) and supplying the resultant sum to said second summer (228);

a third copy (240) of said third adaptive filter (66) having an input from the input to said third algorithm filter (232);

a fourth copy (248) of said third adaptive filter (66) having an input from the output of said fifth summer (238);

a third multiplier (244) multiplying the output of said third copy (240) with the output of said first summer (38)

and supplying the resultant product as a weight update signal to said third algorithm filter (232);
a fourth multiplier (250) multiplying the output of said fourth copy (248) with the output of said first summer (38)
and supplying the resultant product as a weight update signal to said fourth algorithm filter (234).

5 32. The system according to claim 31 comprising a fourth adaptive filter (140) modeling the quotient of said model reference (22) and said active model (24), and having a filter input from the output of said sixth summer (226), a filter output to said second summer (228), and an error input from the output of said first summer (38).

33. The system according to claim 32 comprising:

10

a fifth copy (150) of said third adaptive filter (66) having an input from the output of said sixth summer (226);
a fifth multiplier (154) multiplying the output of said fifth copy with the output of said first summer (38) and supplying the resultant product as a weight update signal to said fourth adaptive filter (140).

15 34. The system according to claim 24 comprising:

a first summer (38) summing the outputs of said model reference (22) and said active model (24) and providing the resultant sum as an error signal;
an auxiliary noise source (52) providing auxiliary noise;
20 a second summer (226) summing said auxiliary noise and the output of said first adaptive filter (222);
a third adaptive filter (140) modeling the quotient of said model reference and said active model, and having a filter input from the output of said second summer;
a third summer (228) summing the outputs of said second and third adaptive filters (28, 140) and providing the resultant sum to said output transducer (34).

25

35. The system according to claim 34 comprising:

a fourth adaptive filter having a filter input from the output of said third adaptive filter;
a fourth summer summing the output of said fourth adaptive filter and the output of said error transducer (36)
30 and supplying the resultant sum as an error input to said fourth adaptive filter;
a copy of said fourth adaptive filter having a filter input from the output of said second summer;
a multiplier multiplying the output of said copy with the output of said first summer and supplying the resultant product as a weight update signal to said third adaptive filter.

35 36. An active acoustic control method comprising providing a model reference (22) having a selectably programmable response, and actively modeling said model reference with the combination of an acoustic path (26) and an adaptive filter (28) such that the combined response of said acoustic path (26) and said adaptive filter (28) provides an active model response matching the response of said model reference (22).

40 37. The method according to claim 36 comprising:

introducing an acoustic wave to said acoustic path (26) with a first transducer (34);
sensing the response of said acoustic path (26) with a second transducer (36);
summing the outputs of said model reference (22) and said active model (24) with a summer (38) and providing
45 the resultant sum as an error signal;
providing said adaptive filter (28) with a filter input from said second transducer (36), a filter output to said first transducer (34), and an error input from said summer (38).

38. The method according to claim 37 wherein said acoustic path (26) is subject to external disturbances, and comprising
50 introducing auxiliary noise to said active model (24) from an auxiliary noise source (52), said auxiliary noise being random and uncorrelated to said external disturbances, summing the output of said adaptive filter (28) and said auxiliary noise and providing the resultant sum to said first transducer (34), providing the output of said active model (24) to the input of said adaptive filter (28) and to said first mentioned summer (38).

55 39. The method according to claim 37 comprising modeling the quotient of said model reference and said active model with a second filter (120), to improve matching of said model reference (22) and said active model (24).

40. The method according to claim 37 comprising modeling the quotient of said active model and said model reference

with a second filter (120), to improve matching of said active model and said model reference.

41. The method according to claim 37 comprising additionally attenuating an input acoustic wave, comprising introducing a canceling acoustic wave from said first transducer (34) to attenuate said input acoustic wave and yield an attenuated output acoustic wave, sensing said output acoustic wave with said second transducer (36), outputting a correction signal from a second adaptive filter (222) to said first transducer (34) to introduce the canceling acoustic wave.
42. The method according to claim 41 comprising summing the outputs of said first and second adaptive filters (28, 222) and supplying the resultant sum to said first transducer (24), providing said output of said first summer (38) as an error input to each of said first and second adaptive filters (28, 222).

Patentansprüche

1. Aktives akustisches System mit

einem Referenzmodell (22) mit selektiv programmierbarem Ansprechverhalten, und einem aktiven Modell (24), das einen akustischen Pfad (26) und ein adaptives Filter (28) in Kombination aufweist, so daß diese Kombination das Referenzmodell (22) adaptiv derart modelliert, daß das kombinierte Ansprechverhalten des akustischen Pfades (26) und des adaptiven Filters (28) ein an das Ansprechverhalten des Referenzmodells (22) angepaßtes Ansprechverhalten des aktiven Modells ergibt.

2. System nach Anspruch 1 mit

einem ersten Wandler (34), der eine akustische Welle in den akustischen Pfad (26) einleitet, einem zweiten Wandler (36) zum Erfassen der Reaktion des akustischen Pfades (26), und eine Summierstufe (38), die die Ausgangssignale des Referenzmodells (22) und des aktiven Modells (24) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlersignal ausgibt, wobei das adaptive Filter (28) einen Filtereingang (46) von dem zweiten Wandler (36), einen Filterausgang (48) zu dem ersten Wandler (34) und einen Fehlereingang (50) von der Summierstufe (38) aufweist.

3. System nach Anspruch 2 mit einer Hilfs-Rauschquelle zum Einleiten von Hilfsrauschen in das aktive Modell (24).

4. System nach Anspruch 3, wobei der akustische Pfad (26) externen Störungen unterworfen ist und das Hilfsrauschen ein bezüglich der externen Störungen unkorreliertes weißes Rauschen ist.

5. System nach Anspruch 4, wobei das weiße Hilfsrauschen durch ein Entzerrer-Bandpaßfilter (298) gefiltert wird, um eine enge Passung zwischen dem aktiven Modell und dem Referenzmodell als Funktion der Frequenz zu erreichen.

6. System nach Anspruch 3 mit einer zweiten Summierstufe (60), die das Ausgangssignal des adaptiven Filters (28) und das Hilfsrauschen von der Hilfs-Rauschquelle (52) aufsummiert und die resultierende Summe an den ersten Wandler (34) ausgibt.

7. System nach Anspruch 6, wobei der Eingang des adaptiven Filters (28) auch als Ausgang des aktiven Modells (24) an der erstgenannten Summierstufe (38) liegt.

8. System nach Anspruch 3 mit einem zweiten adaptiven Filter (66) mit einem das Hilfsrauschen aufnehmenden Filtereingang (68), einer Kopie (94) des zweiten adaptiven Filters in dem erstgenannten adaptiven Filter (28) und einer zweiten Summierstufe (70), die die Ausgangssignale des zweiten adaptiven Filters (66) und des zweiten Wandlers (36) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlereingang (80) dem zweiten adaptiven Filter (66) zuführt.

9. System nach Anspruch 8 mit

einer dritten Summierstufe (60), die das Hilfsrauschen von der Hilfs-Rauschquelle (52) und den Ausgang (48) des ersten adaptiven Filters (28) aufsummiert und die resultierende Summe dem ersten Wandler zuführt, wobei das erste adaptive Filter (28) ein erstes und ein zweites algorithmisches Filter (30, 32) aufweist, deren

- jedes einen Fehlereingang vom Ausgang der erstgenannten Summierstufe (38) erhält,
einer vierten Summierstufe (86), die die Ausgangssignale des ersten und des zweiten algorithmischen Filters (30, 32) aufsummiert und die resultierende Summe als Eingang der dritten Summierstufe (60) zum Aufsum-
mieren mit dem Hilfsrauschen zuführt,
- 5 einer ersten Kopie (94) des zweiten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang von dem zweiten Wandler (36),
einer zweiten Kopie (96) des zweiten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Ausgang der vierten Sum-
mierstufe (86),
einer ersten Multiplizierstufe (102), die das Ausgangssignal der ersten Kopie (94) mit dem der ersten Summier-
stufe (38) multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem ersten algorithmi-
schen Filter (30) zuführt, und
- 10 einer zweiten Multiplizierstufe (108), die das Ausgangssignal der zweiten Kopie (96) mit dem der ersten Sum-
mierstufe (38) multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem zweiten algorithmi-
schen Filter (32) zuführt.
- 15 10. System nach Anspruch 2 mit einem zweiten adaptiven Filter (66), das einen Filtereingang von einem Eingang des
aktiven Modells aufweist, und einer zweiten Summierstufe (70), die die Ausgangssignale des zweiten adaptiven Fil-
ters (66) und des zweiten Wandlers (36) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlereingang dem zwei-
ten adaptiven Filter (66) zuführt,
- 20 11. System nach Anspruch 2 mit einem zweiten Filter (120, 140), das den Quotient aus dem Referenzmodell (22) und
dem aktiven Modell (24) modelliert, um deren Anpassung zu verbessern.
12. System nach Anspruch 11, wobei das zweite Filter (120) adaptiv ist und einen Filtereingang vom Ausgang des aku-
stischen Pfades, einen Filterausgang zu der Summierstufe (38) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Sum-
mierstufe (38) aufweist.
- 25 13. System nach Anspruch 11, wobei das zweite adaptive Filter (140) einen Eingangsrauschen aufnehmenden Filter-
eingang, einen Filterausgang zum Eingang des akustischen Pfades und einen Fehlereingang vom Ausgang der
Summierstufe (38) aufweist.
- 30 14. System nach Anspruch 13 mit
- einem dritten adaptiven Filter (66) mit einem Filtereingang von Ausgang des zweiten adaptiven Filters (140,
einer zweiten Summierstufe (70), die die Ausgangssignale des dritten adaptiven Filters (66) und des zweiten
Wandlers (36) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlereingang dem dritten adaptiven Filter (66)
zuführt,
- 35 einer Kopie (150) des dritten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Eingang an das zweite adaptive
Filter (140), und
einer Multiplizierstufe (154), die das Ausgangssignal der Kopie (150) mit dem der ersten Summierstufe (38)
multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichte-Aktualisierungssignal dem zweiten adaptiven Filter (140)
zuführt.
- 40 15. System nach Anspruch 2 mit einem zweiten Filter (170, 190), das den Quotient aus dem aktiven Modell (24) und
dem Referenzmodell (22) modelliert, um deren Anpassung zu verbessern.
- 45 16. System nach Anspruch 15, wobei das zweite Filter (170) adaptiv ist und einen Filtereingang vom Ausgang des
Referenzmodells (22) einen Filterausgang zu der Summierstufe (38) und einen Fehlereingang vom Ausgang der
Summierstufe (38) aufweist.
- 50 17. System nach Anspruch 15, wobei das zweite adaptive Filter (190) einen Eingangsrauschen aufnehmenden Filter-
eingang, einen Filterausgang zum Eingang des Referenzmodells (22) sowie einen Fehlereingang vom Ausgang
der Summierstufe (38) aufweist.
18. System nach Anspruch 17 mit
- 55 einer Kopie (198) des Referenzmodells mit einem Eingang vom Eingang an das zweite adaptive Filter (190),
und
einer Multiplizierstufe (202), die das Ausgangssignal der Kopie mit dem der ersten Summierstufe (38) multipli-

ziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisiersignal dem zweiten adaptiven Filter (190) zuführt.

19. System nach Anspruch 2 mit einem zweiten Filter (120, 140), das den Quotient aus dem Referenzmodell (22) und dem aktiven Modell (24) modelliert, und einem dritten Filter (170, 190), das den Quotient aus dem aktiven Modell(24) und dem Referenzmodell (22) modelliert, um die Anpassung des Ansprechverhaltens des aktiven Modells an das des Referenzmodells zu verbessern.
5
20. System nach Anspruch 19, wobei
das zweite Filter (120) adaptiv ist und einen Filtereingang vom Ausgang des akustischen Pfades (26), einen Filterausgang zu der Summierstufe (38) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist, und
10 das dritte Filter (170) adaptiv ist und einen Filtereingang vom Ausgang des Referenzmodells (22), einen Filterausgang zu der Summierstufe (38) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist.
21. System nach Anspruch 19, wobei
15 das zweite Filter (120) adaptiv ist und einen Filtereingang vom Ausgang des akustischen Pfades (26), einen Filterausgang zu der Summierstufe (38) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist, und
das dritte Filter (190) adaptiv ist und einen Eingangsrauschen aufnehmenden Filtereingang, einen Filterausgang zum Eingang des Referenzmodells (22) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist.
22. System nach Anspruch 19, wobei
20 das zweite Filter (140) adaptiv ist und einen Rauschen aufnehmenden Filtereingang, einen Filterausgang zum Eingang des akustischen Pfades (26) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist, und
das dritte Filter (170) adaptiv ist und einen Filtereingang vom Ausgang des Referenzmodells (22), einen Filterausgang zu der Summierstufe (38) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist,
25
23. System nach Anspruch 19, wobei
das zweite Filter (140) adaptiv ist und einen Eingangsrauschen aufnehmenden Filtereingang, einen Filterausgang zum Eingang des akustischen Pfades (26) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist, und
30 das dritte Filter (190) adaptiv ist und einen Eingangsrauschen aufnehmenden Filtereingang, einen Filterausgang zum Eingang des Referenzmodells (22) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist.
24. System nach Anspruch 1 mit
35 einen Ausgangswandler (34) zum Einführen einer löschtenden akustischen Welle zur Dämpfung einer akustischen Eingangswelle und Ausgabe einer gedämpften akustischen Ausgangswelle,
einem Fehlerwandler (36) zum Erfassen der akustischen Ausgangswelle, und
einem ersten adaptiven Filter (222) zur Ausgabe eines Korrektursignals an den Ausgangswandler (34) zur Einführung der löschtenden akustischen Welle.
40
25. System nach Anspruch 24 mit einer Summierstufe (38), die die Ausgangssignale des Referenzmodells (22) und des aktiven Modells (24) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlersignal ausgibt, wobei das zweite adaptive Filter (28) einen Filtereingang von dem Fehlerwandler (36), einen Filterausgang zu dem Ausgangswandler (34) und einen Fehlereingang vom Ausgang der Summierstufe (38) aufweist.
45
26. System nach Anspruch 25 mit einer zweiten Summierstufe (228), die die Ausgangssignale des ersten und des zweiten adaptiven Filters (222, 28) aufsummiert und die resultierende Summe dem Ausgangswandler (34) zuführt, wobei das erste adaptive Filter einen Fehlereingang von der ersten Summierstufe (38) aufweist.
- 50 27. System nach Anspruch 26 mit
einer Hilfs-Rauschquelle (52), die dem Referenzmodell (22) und dem aktiven Modell (24) Hilfsrauschen zuführt,
einem dritten adaptiven Filter (66) mit einem das Hilfsrauschen aufnehmenden Filtereingang, und
55 einer dritten Summierstufe (70), die die Ausgangssignale des dritten adaptiven Filters (66) und des Fehlerwandlers (36) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlereingang dem dritten adaptiven Filter (66) zuführt.

28. System nach Anspruch 27, wobei das zweite adaptive Filter (28) ein erstes und ein zweites algorithmisches Filter (30, 32) umfaßt, deren jedes einen Fehlereingang vom Ausgang der ersten Summierstufe (38) aufweist, mit

5 einer vierten Summierstufe (86), die die Ausgangssignale des ersten und des zweiten algorithmischen Filters (30, 32) aufsummiert und die resultierende Summe als Eingang der zweiten Summierstufe (228) zuführt, einer ersten Kopie (94) des dritten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Fehlerwandler (36), einer zweiten Kopie (36) des dritten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Ausgang der vierten Summierstufe (86),
10 einer ersten Multiplizierstufe (102), die das Ausgangssignal der ersten Kopie (94) mit dem der ersten Summierstufe (38) multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem ersten algorithmischen Filter (30) zuführt, und einer zweiten Multiplizierstufe (108), die das Ausgangssignal der zweiten Kopie (96) mit dem der ersten Summierstufe (38) multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem zweiten algorithmischen Filter (32) zuführt.

15 29. System nach Anspruch 28 mit

einer dritten Kopie (248) des dritten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Eingang an das erste adaptive Filter (28), und
20 einer dritten Multiplizierstufe (250), die das Ausgangssignal der dritten Kopie (248) mit dem der ersten Summierstufe (38) multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem ersten adaptiven Filter (28) zuführt.

25 30. System nach Anspruch 27 mit

einer vierten Kopie (240) des dritten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Ausgang des ersten adaptiven Filters (28), und
einer fünften Summierstufe (238), die die Ausgangssignale der vierten Kopie und der ersten Summierstufe (38) aufsummiert und die resultierende Summe als Eingang dem ersten adaptiven Filter (28) zuführt.

30 31. System nach Anspruch 28, wobei das erste adaptive Filter (222) ein drittes und ein viertes algorithmisches Filter (232, 234) aufweist, mit

einer fünften Summierstufe (238), die die Ausgangssignale des dritten und vierten algorithmischen Filters (232, 234) aufsummiert,
35 einer fünften Summierstufe (226), die das Hilfsrauschen und das Ausgangssignal der fünften Summierstufe (238) aufsummiert und die resultierende Summe der zweiten Summierstufe (228) zuführt, einer dritten Kopie (240) des dritten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Eingang an das dritte algorithmische Filter (232),
40 einer vierten Kopie (248) des dritten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Ausgang der fünften Summierstufe (238), einer dritten Multiplizierstufe (244), die das Ausgangssignal der dritten Kopie (240) mit dem der ersten Summierstufe (38) multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem dritten algorithmischen Filter (232) zuführt, und
45 einer vierten Multiplizierstufe (250), die das Ausgangssignal der vierten Kopie (248) mit dem der ersten Summierstufe (38) multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem vierten algorithmischen Filter (234) zuführt.

50 32. System nach Anspruch 31 mit einem vierten adaptiven Filter (140), das den Quotient aus dem Referenzmodell (22) und dem adaptiven Modell (24) modelliert und einen Filtereingang vom Ausgang der sechsten Summierstufe (226), einen Filterausgang zu der zweiten Summierstufe (228) und einen Fehlereingang vom Ausgang der ersten Summierstufe (38) aufweist.

55 33. System nach Anspruch 32 mit

einer fünften Kopie (150) des dritten adaptiven Filters (66) mit einem Eingang vom Ausgang der sechsten Summierstufe (226) und
einer fünften Multiplizierstufe (154), die das Ausgangssignal der fünften Kopie mit dem der ersten Summier-

stufe (38) multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem vierten adaptiven Filter (140) zuführt.

34. System nach Anspruch 24 mit

5

einer ersten Summierstufe (38), die die Ausgangssignale des Referenzmodells (22) und des aktiven Modells (24) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlersignal ausgibt,
einer Hilfsrauschen erzeugenden Hilfs-Rauschquelle (52),
einer zweiten Summierstufe (226), die das Hilfsrauschen und das Ausgangssignal des ersten adaptiven Filters (222) aufsummiert,
einem dritten adaptiven Filter (140), das den Quotient aus dem Referenzmodell und dem aktiven Modell modelliert und einen Filtereingang vom Ausgang der zweiten Summierstufe aufweist, und
einer dritten Summierstufe (228), die die Ausgangssignale des zweiten und des dritten adaptiven Filters (28, 140) aufsummiert und die resultierende Summe dem Ausgangswandler (34) zuführt.

15

35. System nach Anspruch 34 mit

20

einem vierten adaptiven Filter mit einem Filtereingang vom Ausgang des dritten adaptiven Filters,
einer vierten Summierstufe, die die Ausgangssignale des vierten adaptiven Filters und des Fehlerwandlers (36) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlersignal dem vierten adaptiven Filter zuführt,
einer Kopie des vierten adaptiven Filters mit einem Filtereingang vom Ausgang der zweiten Summierstufe, und
einer Multiplizierstufe, die das Ausgangssignal der Kopie mit dem der ersten Summierstufe multipliziert und das resultierende Produkt als Gewichts-Aktualisierungssignal dem dritten adaptiven Filter zuführt.

25 36. Adaptives akustisches Steuerverfahren, bei dem ein Referenzmodell (22) mit selektiv programmierbarem Ansprechverhalten vorgesehen und mit der Kombination aus einem akustischen Pfad (26) und einem adaptiven Filter (28) aktiv derart modelliert wird, daß das kombinierte Ansprechverhalten des akustischen Pfades (26) und des adaptiven Filters (28) ein an das Ansprechverhalten des Referenzmodells (22) angepaßtes Ansprechverhalten des aktiven Modells ergibt.

30

37. Verfahren nach Anspruch 36, wobei

35

eine akustische Welle mit einem ersten Wandler (34) dem akustischen Pfad zugeführt wird,
die Reaktion des akustischen Pfades (26) mit einem zweiten Wandler (36) erfaßt wird,
die Ausgangssignale des Referenzmodells (22) und des aktiven Modells (24) mit einer Summierstufe (38) aufsummiert und die resultierende Summe als Fehlersignal ausgegeben werden, und
das adaptive Filter (28) mit einem Filtereingang von dem zweiten Wandler (36), einem Filterausgang zu dem ersten Wandler (34) und einem Fehlereingang von der Summierstufe (38) versehen wird.

40 38. Verfahren nach Anspruch 37, wobei der akustische Pfad (26) externen Störungen unterworfen ist, wobei dem aktiven Modell (24) von einer Hilfs-Rauschquelle (52) Hilfsrauschen zugeführt wird, bei dem es sich um bezüglich der externen Störungen unkorreliertes weißes Rauschen handelt, das Ausgangssignal des adaptiven Filters (26) und das Hilfsrauschen aufsummiert und die resultierende Summe dem ersten Wandler (34) zugeführt wird, und das Ausgangssignal des aktiven Modells (24) dem Eingang des adaptiven Filters (28) und der erstgenannten Summierstufe (38) zugeführt wird.

45

39. Verfahren nach Anspruch 37, wobei der Quotient aus dem Referenzmodell und dem aktiven Modell mit einem zweiten Filter (120) modelliert wird, um die Anpassung zwischen dem Referenzmodell (22) und dem aktiven Modell (24) zu verbessern.

50

40. Verfahren nach Anspruch 37, wobei der Quotient aus dem aktiven Modell und dem Referenzmodell mit einem zweiten Filter (120) modelliert wird, um die Anpassung zwischen dem aktiven Modell und dem Referenzmodell zu verbessern.

55 41. Verfahren nach Anspruch 37, wobei ferner eine akustische Eingangswelle gedämpft wird, wobei von dem ersten Wandler (34) eine löschende akustische Welle eingebracht wird, um die akustische Eingangswelle zu dämpfen und eine gedämpfte akustische Ausgangswelle abzugeben, die akustische Ausgangswelle mit dem zweiten Wandler (34) erfaßt wird, und von dem zweiten adaptiven Filter (222) an den ersten Wandler (34) ein Korrektursignal zum

Einbringen der löschtenden akustischen Welle abgegeben wird.

42. Verfahren nach Anspruch 41, wobei die Ausgangssignale des ersten und des zweiten adaptiven Filters (28, 222) aufsummiert werden und die resultierende Summe dem ersten Wandler (24) zugeführt wird, und wobei das Ausgangssignal der ersten Summierstufe (38) als Fehlersignal sowohl dem ersten als auch dem zweiten adaptiven Filter (28, 222) zugeführt wird.

Revendications

1. Système acoustique actif comprenant :

une référence de modèle (22) ayant une réponse programmable susceptible d'être sélectionnée ;
un modèle actif (24) comprenant par combinaison un trajet acoustique (26) et un filtre adaptatif (28) de sorte que la combinaison dudit trajet acoustique (26) et dudit filtre adaptatif (28) modélise de manière adaptative ladite référence de modèle (22) de sorte que la réponse combinée dudit trajet acoustique (26) et dudit filtre adaptatif (28) produise une réponse de modèle actif correspondant à la réponse de ladite référence de modèle (22).

2. Système selon la revendication 1 comprenant :

un premier transducteur (34) destiné à introduire une onde acoustique dans ledit trajet acoustique (26) ;
un second transducteur (36) destiné à détecter la réponse dudit trajet acoustique (26) ;
un sommateur (38) destiné à sommer les sorties de ladite référence de modèle (22) et dudit modèle actif (24) et produire la somme résultante sous la forme d'un signal d'erreur ;
ledit filtre adaptatif (28) ayant une entrée de filtre (46) provenant dudit second transducteur (36), une sortie de filtre (48) vers ledit premier transducteur (34) et une entrée d'erreur (50) provenant dudit sommateur (38).

3. Système selon la revendication 2 comprenant une source de bruit auxiliaire (52) afin d'introduire un bruit auxiliaire dans ledit modèle actif (24).

4. Système selon la revendication 3 dans lequel ledit trajet acoustique (26) est soumis à des perturbations extérieures et ledit bruit auxiliaire est aléatoire et non-corrélé relativement auxdites perturbations extérieures.

5. Système selon la revendication 4 dans lequel ledit bruit aléatoire auxiliaire est filtré par un filtre correcteur passe-bande (298) afin de permettre une précision d'adaptation dudit modèle actif et de ladite référence de modèle en fonction de la fréquence.

6. Système selon la revendication 3 comprenant un second sommateur (60) destiné à sommer la sortie dudit filtre adaptatif (28) et ledit bruit auxiliaire provenant de ladite source de bruit auxiliaire (52) et à appliquer la somme résultante audit premier transducteur (34).

7. Système selon la revendication 6 dans lequel l'entrée (46) dudit filtre adaptatif (28) est également appliquée sous la forme de la sortie dudit modèle actif (24) audit premier sommateur mentionné (38).

8. Système selon la revendication 3 comprenant un second filtre adaptatif (66) ayant une entrée de filtre (68) recevant ledit bruit auxiliaire, une copie (94) dudit second filtre adaptatif dans ledit premier filtre adaptatif (28) mentionné, un second sommateur (70) destiné à sommer la sortie dudit second filtre adaptatif (66) et la sortie dudit second transducteur (36) et appliquant la somme résultante sous la forme d'une entrée d'erreur (80) audit second filtre adaptatif (66).

9. Système selon la revendication 8 comprenant :

un troisième sommateur (60) destiné à sommer le bruit auxiliaire provenant de ladite source de bruit auxiliaire (52) et la sortie (48) dudit premier filtre adaptatif (28) et à appliquer la somme résultante audit premier transducteur ;
dans lequel ledit premier filtre adaptatif (28) comprend les premier et second filtres d'algorithme (30, 32) ayant chacun une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit premier sommateur mentionné (38) ;
un quatrième sommateur (86) sommant les sorties desdits premier et second filtres d'algorithme (30, 32) et

- appliquant la somme résultante sous la forme d'une entrée dudit troisième sommateur (60) pour sommation avec ledit bruit auxiliaire ;
 une première copie (94) dudit second filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant dudit second transducteur (36) ;
 5 une seconde copie (96) dudit second filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant de la sortie dudit quatrième sommateur (86) ;
 un premier multiplicateur (102) multipliant la sortie de la dite première copie (94) par la sortie dudit premier sommateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit premier filtre d'algorithme (30) ;
 10 un second multiplicateur (108) multipliant la sortie de la dite seconde copie (96) par la sortie dudit premier sommateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit second filtre d'algorithme (32).
10. Système selon la revendication 2 comprenant un second filtre adaptatif (66) ayant une entrée de filtre provenant d'une entrée de dudit modèle actif et un second sommateur (70) sommant la sortie dudit second filtre adaptatif (66) et la sortie dudit second transducteur (36) et appliquant la somme résultante sous la forme d'une entrée d'erreur audit second filtre adaptatif (66).
11. Système selon la revendication 2 comprenant un second filtre (120, 140) destiné à modéliser le quotient de ladite référence de modèle (22) et dudit modèle actif (24) afin d'en améliorer la correspondance.
12. Système selon la revendication 11 dans lequel ledit second filtre (120) est adaptatif et a une entrée de filtre provenant de la sortie dudit trajet acoustique, une sortie de filtre vers ledit sommateur (38) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
13. Système selon la revendication 11 dans lequel ledit second filtre adaptatif (140) a une entrée de filtre recevant le bruit d'entrée, une sortie de filtre vers l'entrée dudit trajet acoustique et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
14. Système selon la revendication 13 comprenant :
- un troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée de filtre provenant de la sortie dudit second filtre adaptatif (140) ;
 un second sommateur (70) destiné à sommer la sortie dudit troisième filtre adaptatif (66) et la sortie dudit second transducteur (36) et à appliquer la somme résultante sous la forme d'une entrée d'erreur dudit troisième filtre adaptatif (66) ;
 35 une copie (150) dudit troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant de l'entrée dudit second filtre adaptatif (140) ;
 un multiplicateur (154) multipliant la sortie de ladite copie (150) par la sortie dudit premier sommateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit second filtre adaptatif (140).
15. Système selon la revendication 2 comprenant un second filtre (170, 190) modélisant le quotient dudit modèle actif (24) et de ladite référence de modèle (22) afin d'en améliorer la correspondance.
16. Système selon la revendication 15 dans lequel ledit second filtre (170) est adaptatif et a une entrée de filtre provenant de la sortie de ladite référence de modèle (22), une sortie de filtre vers ledit sommateur (38) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
17. Système selon la revendication 15 dans lequel ledit second filtre adaptatif (190) a une entrée de filtre recevant le bruit d'entrée, une sortie de filtre vers l'entrée de ladite référence de modèle (22) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
18. Système selon la revendication 17 comprenant :
- une copie (198) de ladite référence de modèle ayant une entrée provenant de l'entrée dudit second filtre adaptatif (190) ;
 un multiplicateur (202) multipliant la sortie de ladite copie par la sortie dudit premier sommateur (38) et appli-

quant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération dudit second filtre adaptatif (190).

19. Système selon la revendication 2 comprenant un second filtre (120, 140) modélisant le quotient de la dite référence de modèle (22) et dudit modèle actif (24), et un troisième filtre (170, 190) modélisant le quotient dudit modèle actif (24) et de ladite référence de modèle (22) afin d'améliorer la correspondance de la réponse du modèle actif avec la réponse de ladite référence de modèle.
20. Système selon la revendication 19 dans lequel :
ledit second filtre (120) est adaptatif et a une entrée de filtre provenant de la sortie dudit trajet acoustique (26), une sortie de filtre vers ledit sommateur (38) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38) ;
ledit troisième filtre (170) est adaptatif et a une entrée de filtre provenant de la sortie de ladite référence de modèle (22), une sortie de filtre vers ledit sommateur (38) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
21. Système selon la revendication 19 dans lequel :
ledit second filtre (120) est adaptatif et a une entrée de filtre provenant de la sortie dudit trajet acoustique (26), une sortie de filtre vers ledit sommateur (38) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38) ;
ledit troisième filtre (190) est adaptatif et a une entrée de filtre recevant un bruit d'entrée, une sortie de filtre vers l'entrée de ladite référence de modèle (22), et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
22. Système selon la revendication 19 dans lequel :
ledit second filtre (140) est adaptatif et a une entrée de filtre recevant du bruit, une sortie de filtre vers l'entrée dudit trajet acoustique (26) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38) ;
ledit troisième filtre (170) est adaptatif et a une entrée de filtre provenant de la sortie de ladite référence de modèle (22), une sortie de filtre vers ledit sommateur (38) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
23. Système selon la revendication 19 dans lequel :
ledit second filtre (140) est adaptatif et a une entrée de filtre recevant du bruit d'entrée, une sortie de filtre vers l'entrée dudit trajet acoustique (26) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38) ;
ledit troisième filtre (190) est adaptatif et a une entrée de filtre recevant du bruit d'entrée, une sortie de filtre vers l'entrée de la dite référence de modèle (22) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
24. Système selon la revendication 1 comprenant :
un transducteur de sortie (34) destiné à introduire une onde acoustique de suppression afin d'atténuer une onde acoustique d'entrée et à produire une onde acoustique de sortie atténuée ;
un transducteur d'erreur (36) destiné à détecter ladite onde acoustique de sortie ; et
un premier filtre adaptatif (222) destiné à produire un signal de correction vers ledit transducteur de sortie (34) afin d'introduire l'onde acoustique de suppression.
25. Système selon la revendication 24 comprenant un sommateur (38) destiné à sommer les sorties de la dite référence de modèle (22) et dudit modèle actif (24) et à produire la somme résultante sous la forme d'un signal d'erreur et dans lequel ledit second filtre adaptatif (28) a une entrée de filtre provenant dudit transducteur d'erreur (36), une sortie de filtre vers ladite sortie de transducteur (34) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit sommateur (38).
26. Système selon la revendication 25 comprenant un second sommateur (228) destiné à sommer les sorties desdits premier et second filtres adaptatifs (222, 28) et à appliquer la somme résultante audit transducteur de sortie (34) et dans lequel ledit premier filtre adaptatif a une entrée d'erreur provenant dudit premier sommateur (38).
27. Système selon la revendication 26 comprenant :
une source de bruit auxiliaire (52) introduisant un bruit auxiliaire dans ladite référence de modèle (22) et dans ledit modèle actif (24) ;
un troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée de filtre recevant ledit bruit auxiliaire ;
un troisième sommateur (70) sommant la sortie dudit troisième filtre adaptatif (66) et la sortie dudit transduc-

teur d'erreur (36) et appliquant la somme résultante sous la forme d'une entrée d'erreur vers ledit troisième filtre adaptatif (66).

- 5 28. Système selon la revendication 27 dans lequel ledit second filtre adaptatif (28) comprend un premier et un second filtres d'algorithme (30, 32) ayant chacun une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit premier sommateur (38) et comprenant :

un quatrième sommateur (86) destiné à sommer les sorties desdits premier et second filtres d'algorithme (30, 32) et appliquant la somme résultante sous la forme d'une entrée vers ledit second sommateur (228) ;
 10 une première copie (94) dudit troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant dudit transducteur d'erreur (36) ;
 une seconde copie (96) dudit troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant de la sortie dudit quatrième sommateur (86) ;
 15 un premier multiplicateur (102) multipliant la sortie de ladite première copie (94) par la sortie dudit premier sommateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit premier filtre d'algorithme (30) ;
 un second multiplicateur (108) multipliant la sortie de ladite seconde copie (96) par ladite sortie dudit premier sommateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit second filtre d'algorithme (32).

20

29. Système selon la revendication 28 comprenant :

une troisième copie (248) dudit troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant de l'entrée dudit premier filtre adaptatif (28) ;
 25 un troisième multiplicateur (250) multipliant la sortie de ladite troisième copie (248) par la sortie dudit premier sommateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit premier filtre adaptatif (28).

30. Système selon la revendication 27 comprenant :

30

une quatrième copie (240) dudit troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant de la sortie dudit premier filtre adaptatif (28) ;
 un cinquième sommateur (238) destiné à sommer la sortie de ladite quatrième copie et la sortie dudit premier sommateur (38) et à appliquer la somme résultante sous la forme d'une entrée vers ledit premier filtre adaptatif (28).
 35

31. Système selon la revendication 28 dans lequel ledit premier filtre adaptatif (222) comprend des troisième et quatrième filtres d'algorithme (232, 234) et comprenant :

40 un cinquième sommateur (238) destiné à sommer la sortie desdits troisième et quatrième filtres d'algorithme (232, 234) ;
 un sixième sommateur (226) destiné à sommer ledit bruit auxiliaire et la sortie dudit cinquième sommateur (238) et à appliquer la somme résultante audit second sommateur (228) ;
 45 une troisième copie (240) dudit troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant de l'entrée vers ledit troisième filtre d'algorithme (232) ;
 une quatrième copie (248) dudit troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant de la sortie dudit cinquième sommateur (238) ;
 un troisième multiplicateur (244) multipliant la sortie de ladite troisième copie (240) par la sortie dudit premier sommateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit troisième filtre d'algorithme (232) ;
 50 un quatrième multiplicateur (250) multipliant la sortie de ladite quatrième copie (248) par la sortie dudit premier sommateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit quatrième filtre d'algorithme (234).

- 55 32. Système selon la revendication 31 comprenant un quatrième filtre adaptatif (140) modélisant le quotient de ladite référence de modèle (22) et dudit modèle actif (24) et ayant une entrée de filtre provenant de la sortie dudit sixième sommateur (226), une sortie de filtre vers ledit second sommateur (228) et une entrée d'erreur provenant de la sortie dudit premier sommateur (38).

33. Système selon la revendication 32 comprenant :

une cinquième copie (150) dudit troisième filtre adaptatif (66) ayant une entrée provenant de la sortie dudit sixième sommateur (226) ;
 un cinquième multiplicateur (154) multipliant la sortie de ladite cinquième copie par la sortie dudit premier som-
 mateur (38) et appliquant le produit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit
 quatrième filtre d'algorithme (140).

34. Système selon la revendication 24 comprenant :

un premier sommateur (38) sommant les sorties de la dite référence de modèle (22) et dudit modèle actif (24)
 et produisant la somme résultante sous la forme d'un signal d'erreur ;
 une source de bruit auxiliaire (52) produisant un bruit auxiliaire ;
 un second sommateur (226) sommant ledit bruit auxiliaire et la sortie dudit premier filtre adaptatif (222) ;
 un troisième filtre adaptatif (140) modélisant le quotient de ladite référence de modèle et dudit modèle actif et
 ayant une entrée de filtre provenant de la sortie dudit second sommateur ;
 un troisième sommateur (228) sommant les sorties desdits second et troisième filtres adaptatifs (28, 140) et
 appliquant la somme résultante audit transducteur de sortie (34).

35. Système selon la revendication 34 comprenant :

un quatrième filtre adaptatif ayant une entrée de filtre provenant de la sortie dudit troisième filtre adaptatif ;
 un quatrième sommateur sommant la sortie dudit quatrième filtre adaptatif et la sortie dudit transducteur
 d'erreur (36) et appliquant la somme résultante sous la forme d'une entrée d'erreur vers ledit quatrième filtre
 adaptatif ;
 une copie dudit quatrième filtre adaptatif ayant une entrée de filtre provenant de la sortie dudit second somma-
 teur ;
 un multiplicateur multipliant la sortie de ladite copie par la sortie dudit premier sommateur et appliquant le pro-
 duit résultant sous la forme d'un signal d'actualisation de pondération audit troisième filtre adaptatif.

36. Procédé de contrôle acoustique actif comprenant la mise en oeuvre d'une référence de modèle (22) ayant une
réponse sélectivement programmable et modélisant activement ladite référence de modèle par la combinaison
d'un trajet acoustique (26) et d'un filtre adaptatif (28) de telle sorte que la réponse combinée dudit trajet acoustique
(26) et dudit filtre adaptatif (28) permette une réponse de modèle actif correspondant à la réponse de ladite réfé-
rence de modèle (22).

37. Procédé selon la revendication 36 comprenant :

l'introduction d'une onde acoustique dans ledit trajet acoustique (26) à l'aide d'un premier transducteur (34) ;
 la détection de la réponse dudit trajet acoustique (26) à l'aide d'un second transducteur (36) ;
 la sommation des sorties de ladite référence de modèle (22) et dudit modèle actif (24) grâce à un sommateur
 (38) et produisant la somme résultante sous la forme d'un signal d'erreur ;
 l'implantation sur ledit filtre adaptatif (28) d'une entrée de filtre provenant dudit second transducteur (36), d'une
 sortie de filtre vers ledit premier transducteur (34) et d'une entrée d'erreur provenant dudit sommateur (38).

38. Procédé selon la revendication 37 dans lequel ledit trajet acoustique (26) est soumis à des perturbations extérieu-
res et comprenant l'introduction d'un bruit auxiliaire dans ledit modèle actif (24) à partir d'une source de bruit auxi-
liaire (52), ledit bruit auxiliaire étant aléatoire et non corrélé relativement aux dites perturbations extérieures,
sommant la sortie dudit filtre adaptatif (28) et dudit bruit auxiliaire et appliquant la somme résultante audit premier
transducteur (34), appliquant la sortie dudit modèle actif (24) à l'entrée dudit filtre adaptatif (28) et audit premier
sommateur mentionné.39. Procédé selon la revendication 37 comprenant la modélisation du quotient de ladite référence de modèle et dudit
modèle actif avec un second filtre (120) afin d'améliorer la correspondance de ladite référence de modèle (22) et
dudit modèle actif (24).40. Procédé selon la revendication 37 comprenant la modélisation du quotient dudit modèle actif et de ladite référence
de modèle avec un second filtre (120) afin d'améliorer la correspondance dudit modèle actif et de ladite référence

de modèle.

- 5 41. Procédé selon la revendication 37 comprenant en outre l'atténuation d'une onde acoustique d'entrée, comprenant l'introduction d'une onde acoustique de suppression provenant dudit premier transducteur (34) afin d'atténuer ladite onde acoustique d'entrée et de produire une onde acoustique de sortie atténuée, la détection de ladite onde acoustique de sortie avec ledit second transducteur (36), la production d'un signal de correction provenant d'un second filtre adaptatif (222) vers ledit premier transducteur (34) afin d'introduire l'onde acoustique de suppression.
- 10 42. Procédé selon la revendication 41 comprenant la sommation des sorties desdits premier et second filtres adaptatifs (28, 222) et l'application de la somme résultante audit premier transducteur (24), produisant ladite sortie dudit premier sommateur (38) sous la forme d'une entrée d'erreur vers chacun desdits premier et second filtres adaptatifs (28, 222).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

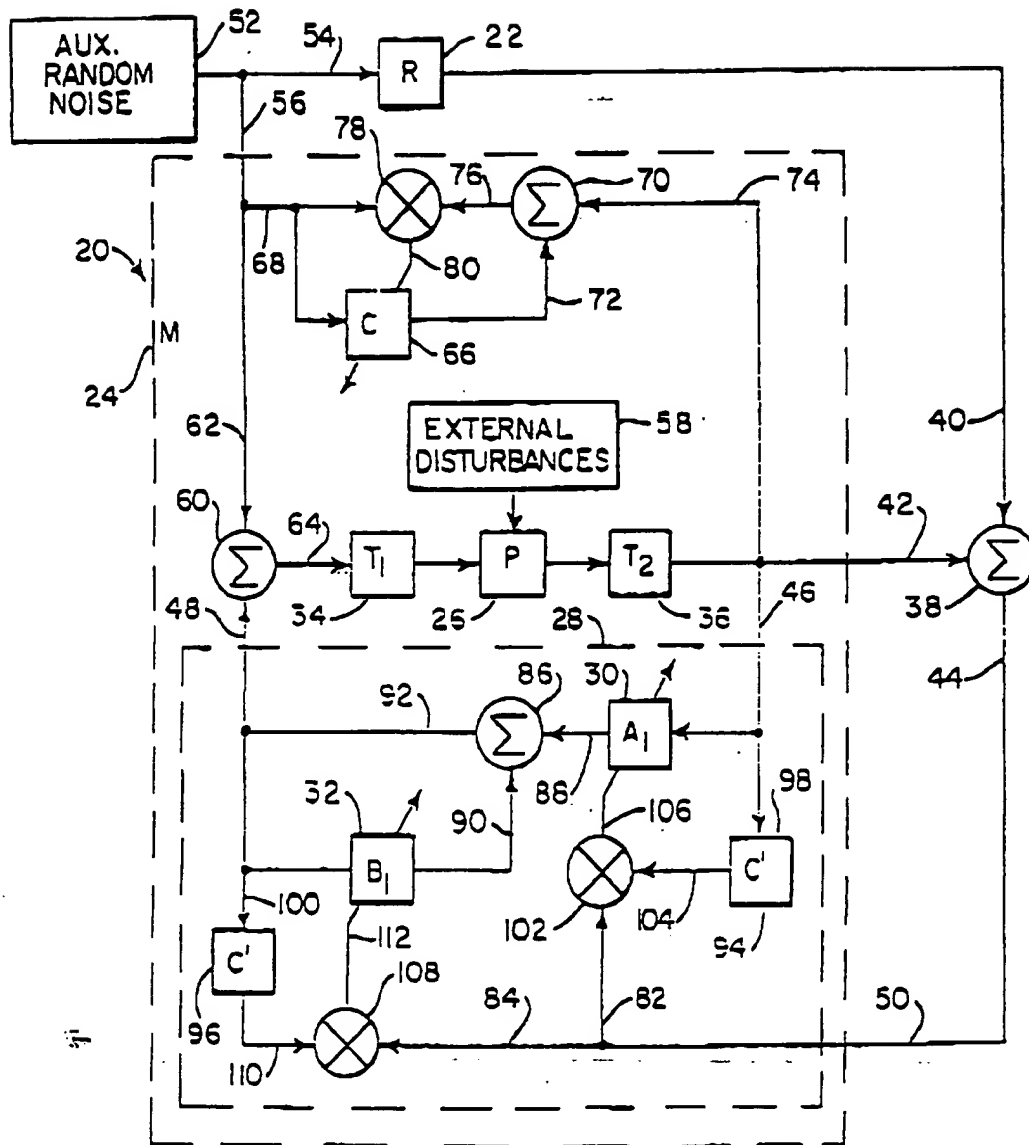


FIG. 1

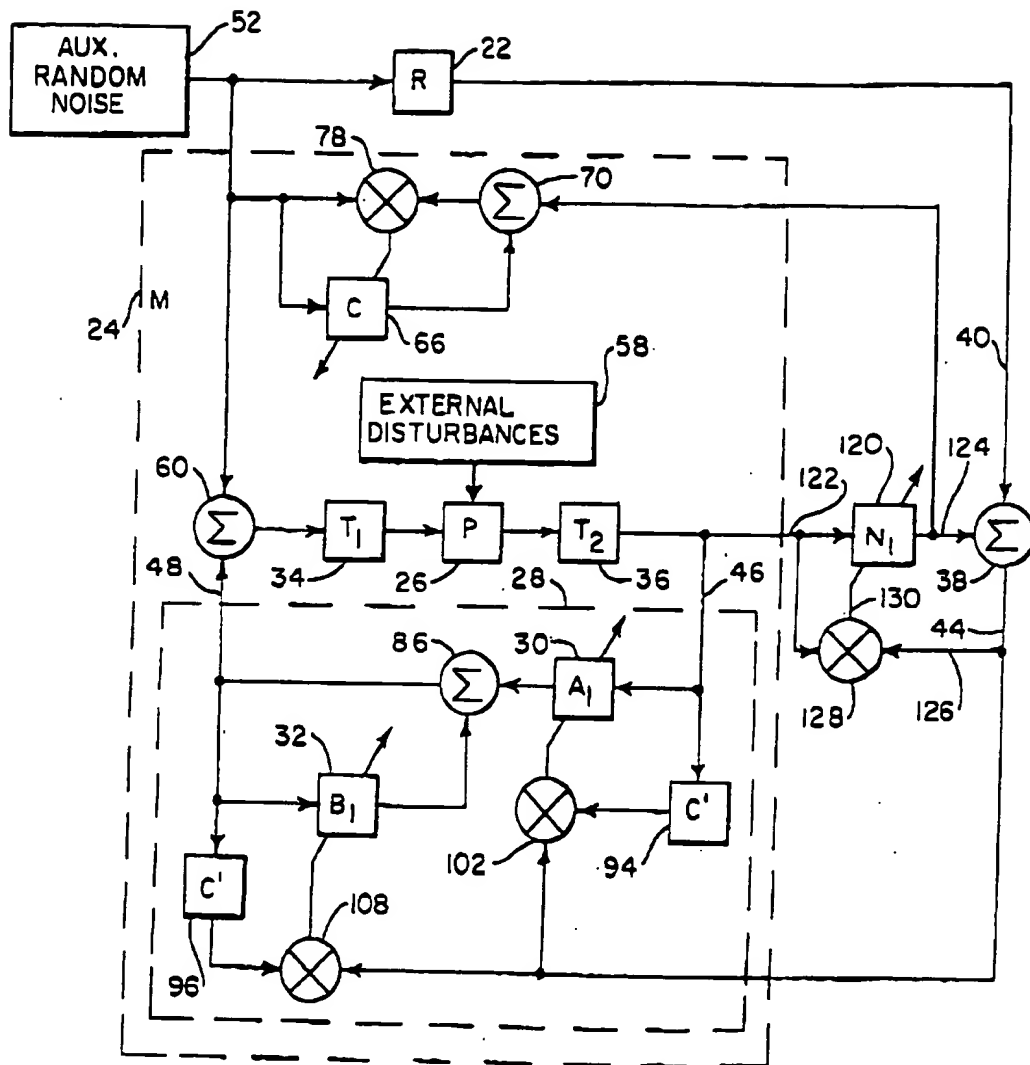


FIG. 2

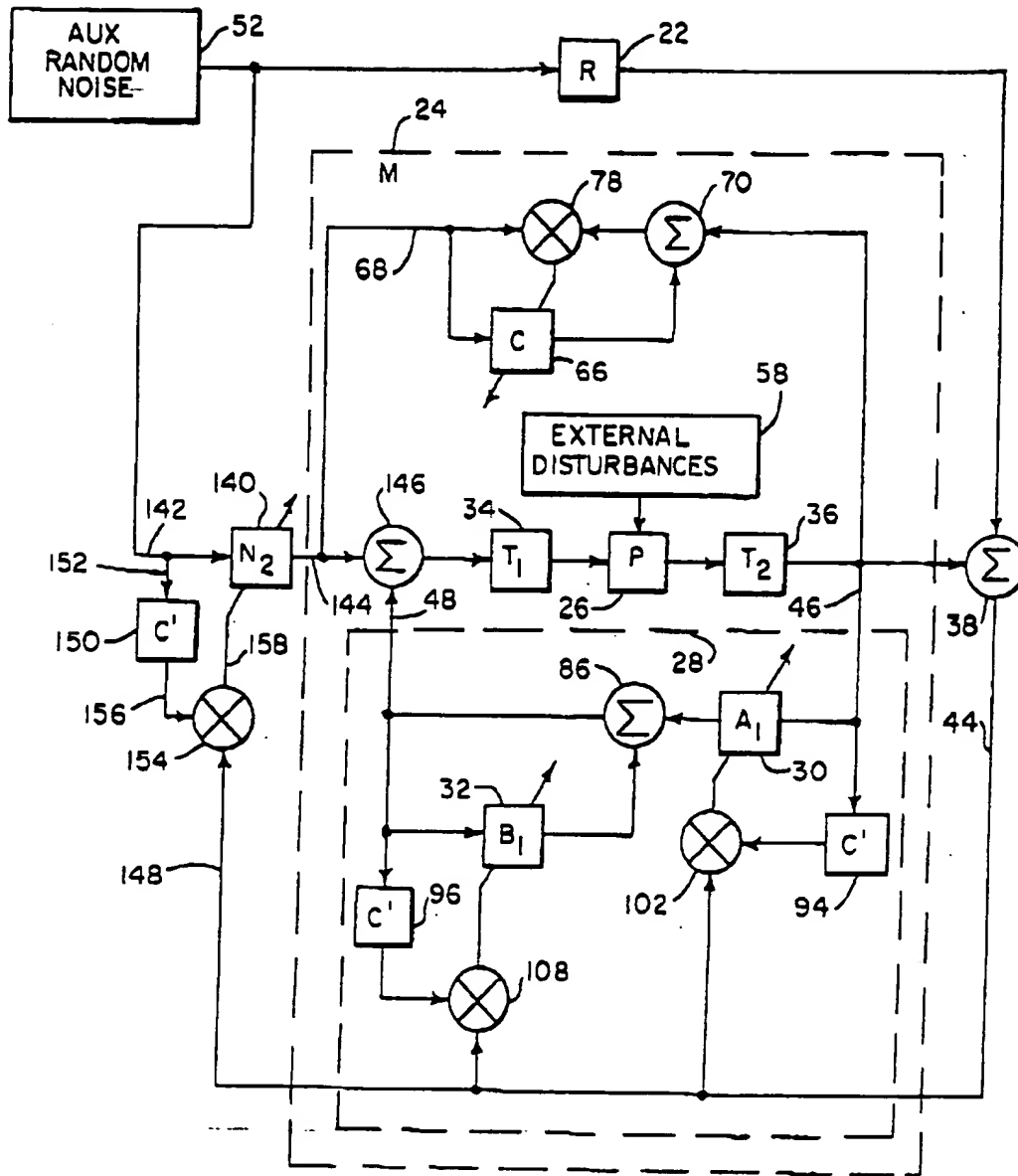


FIG. 3

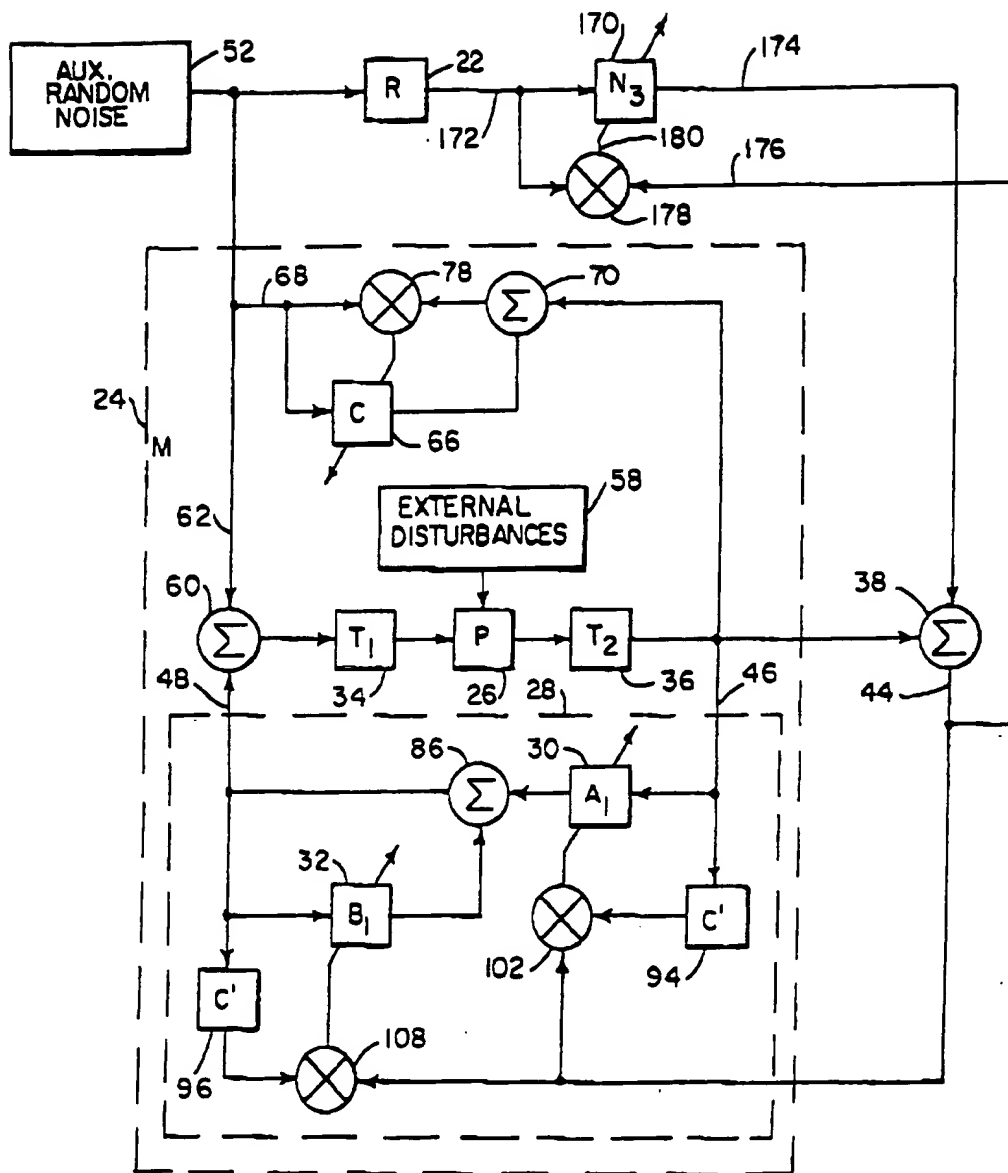


FIG.4

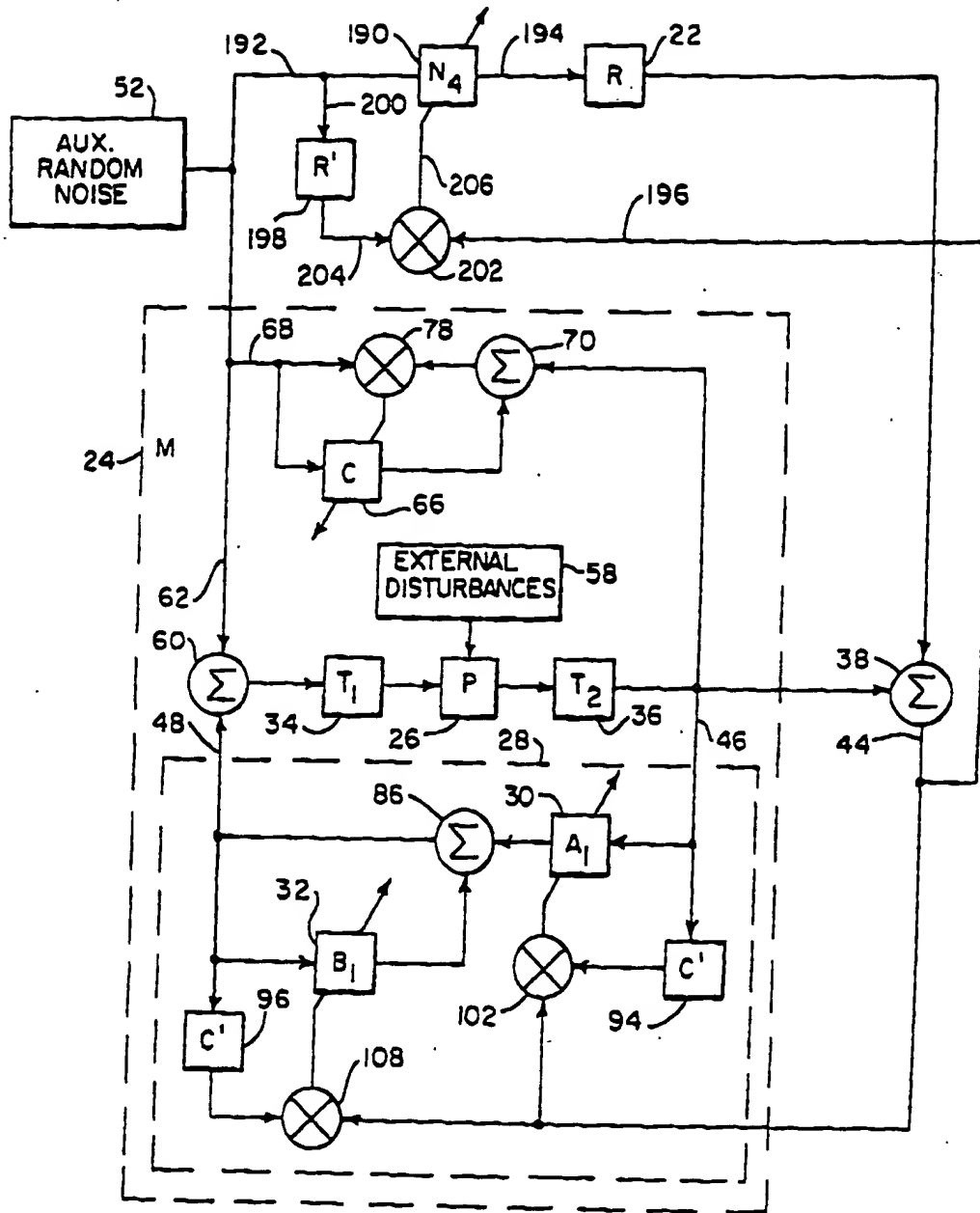


FIG. 5

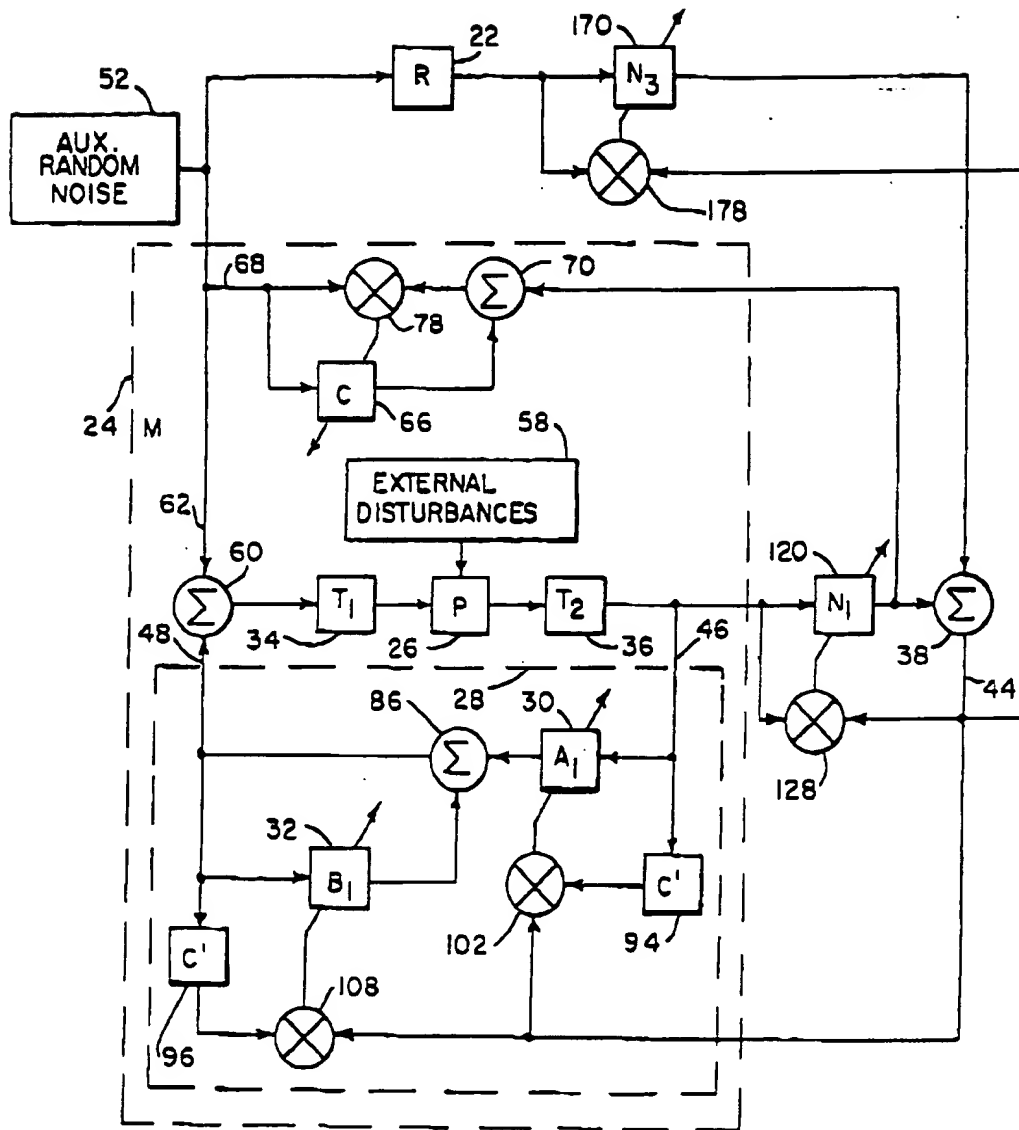


FIG. 6

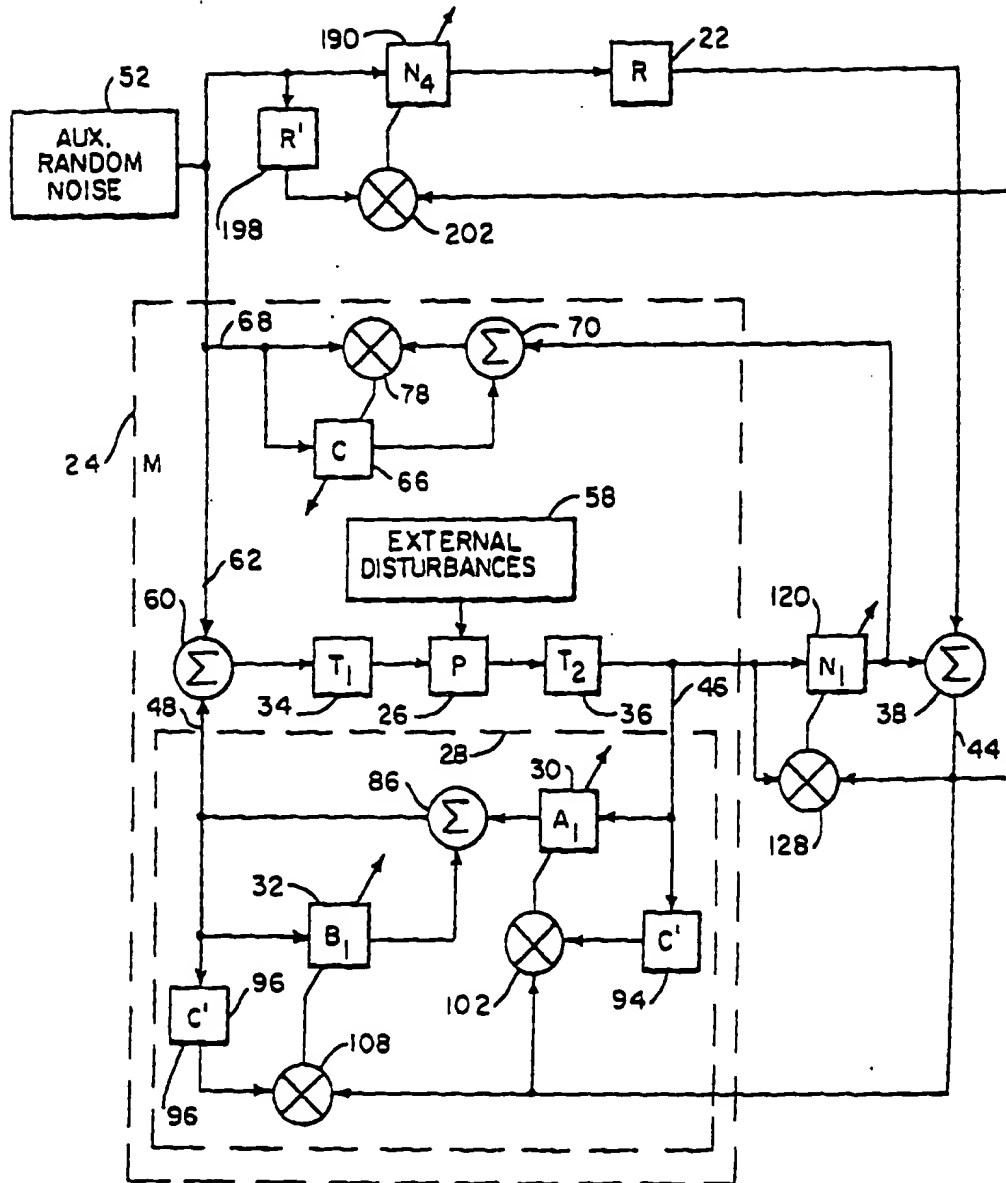


FIG. 7

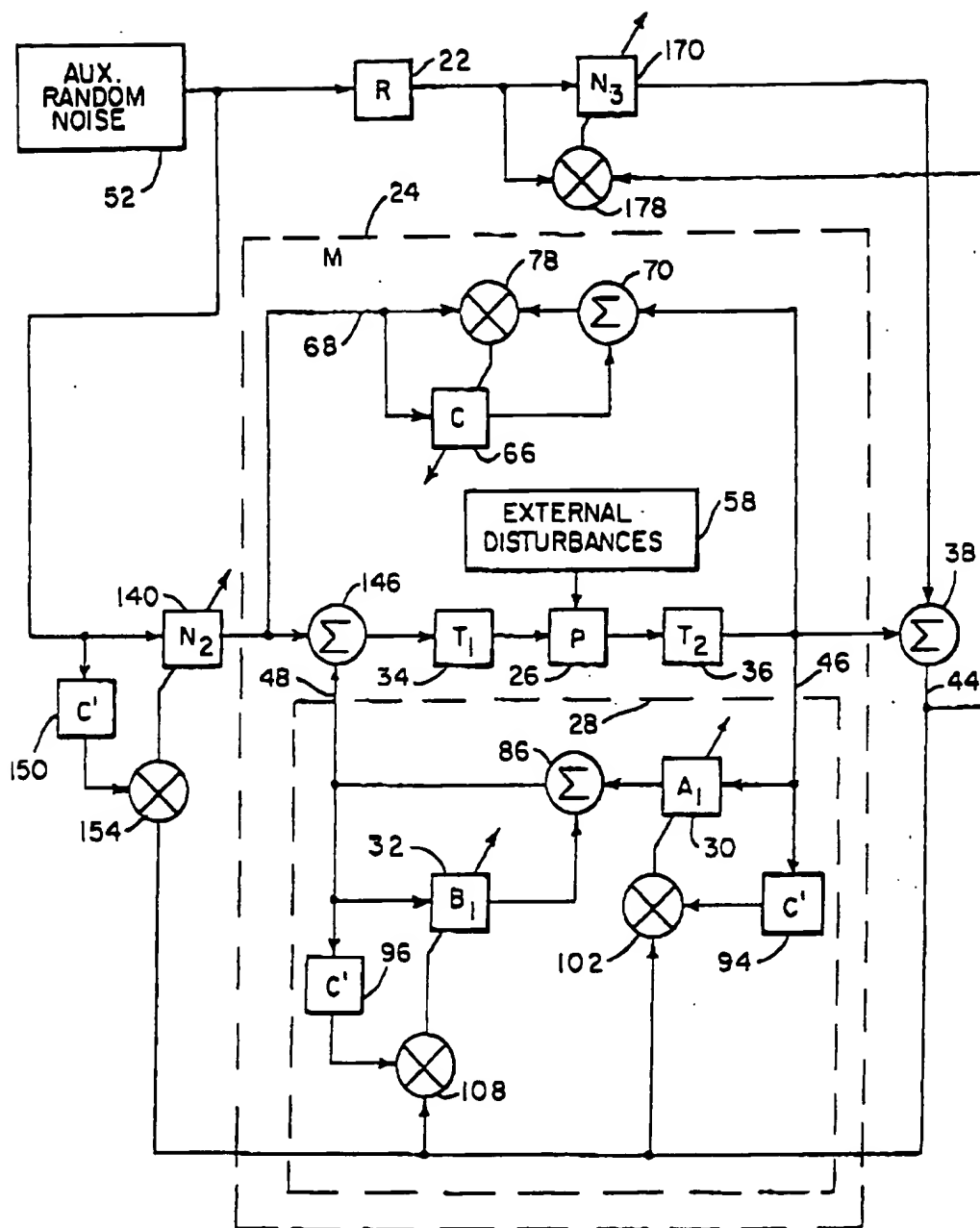


FIG. 8

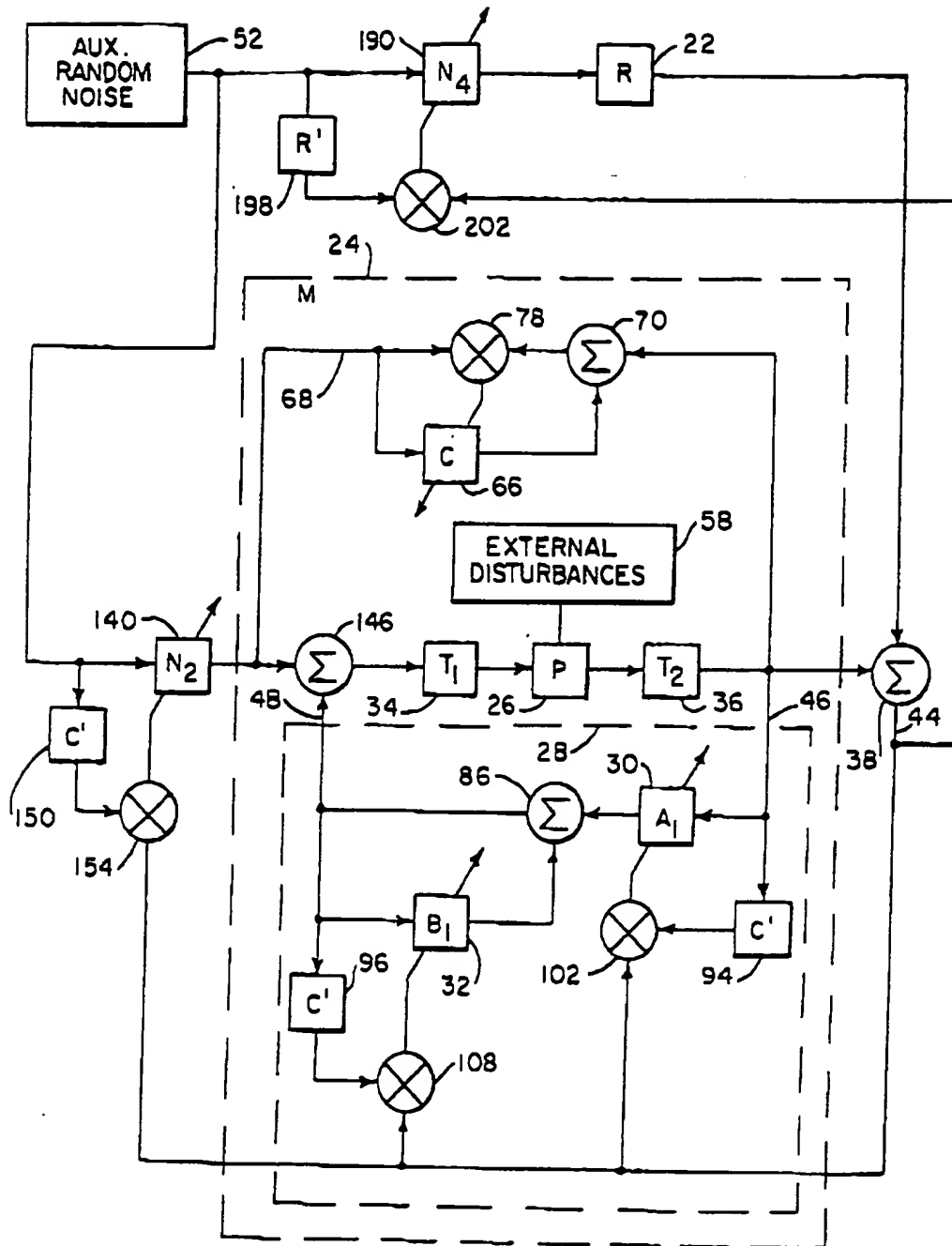
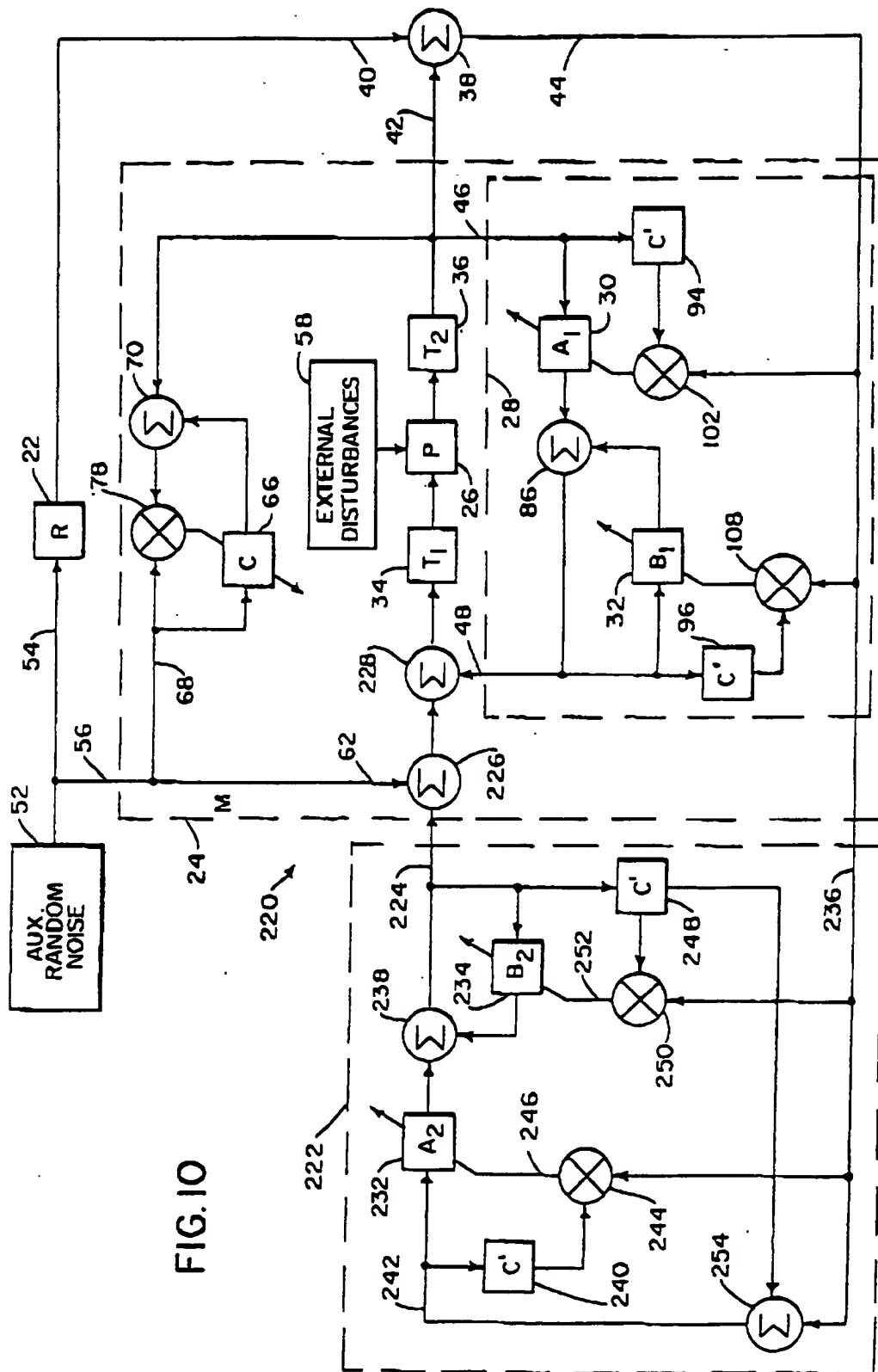


FIG. 9



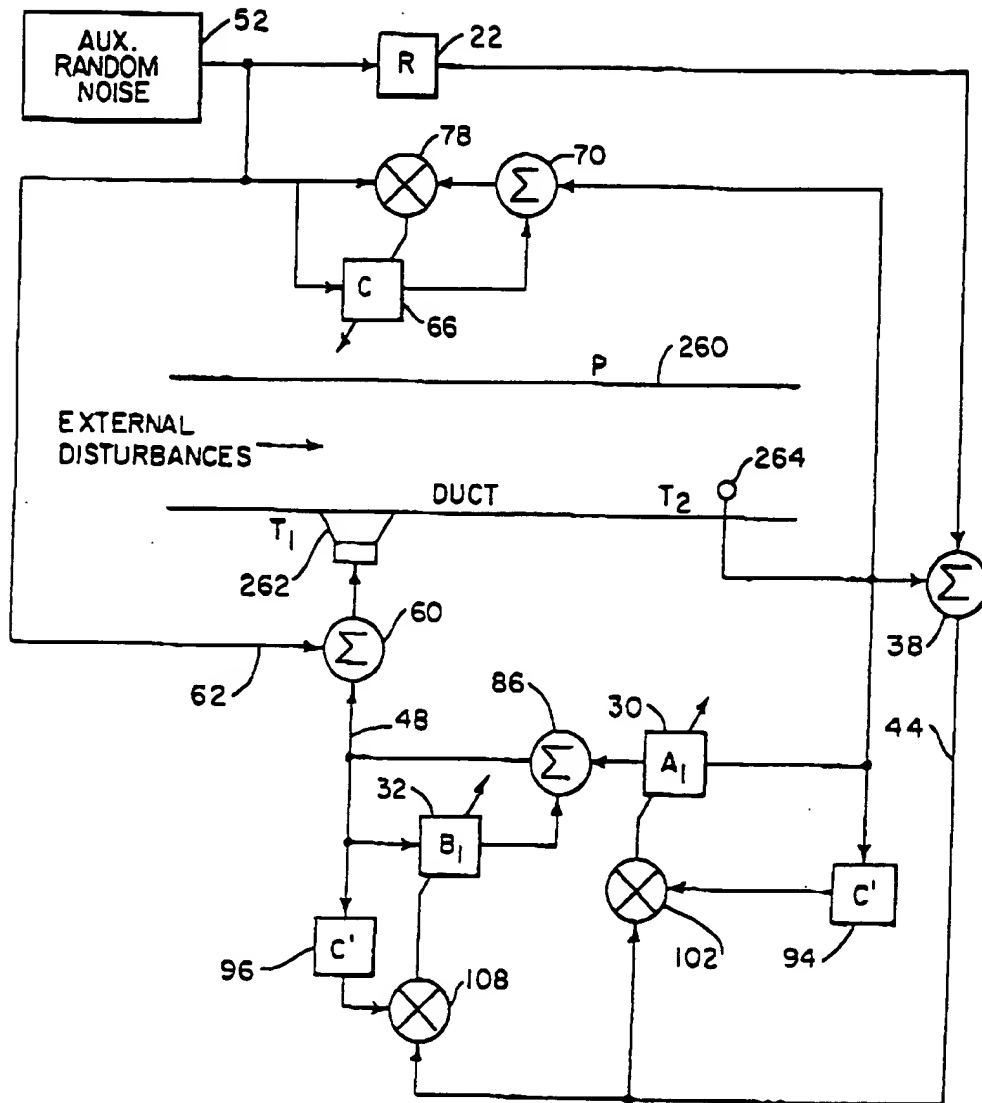


FIG. II

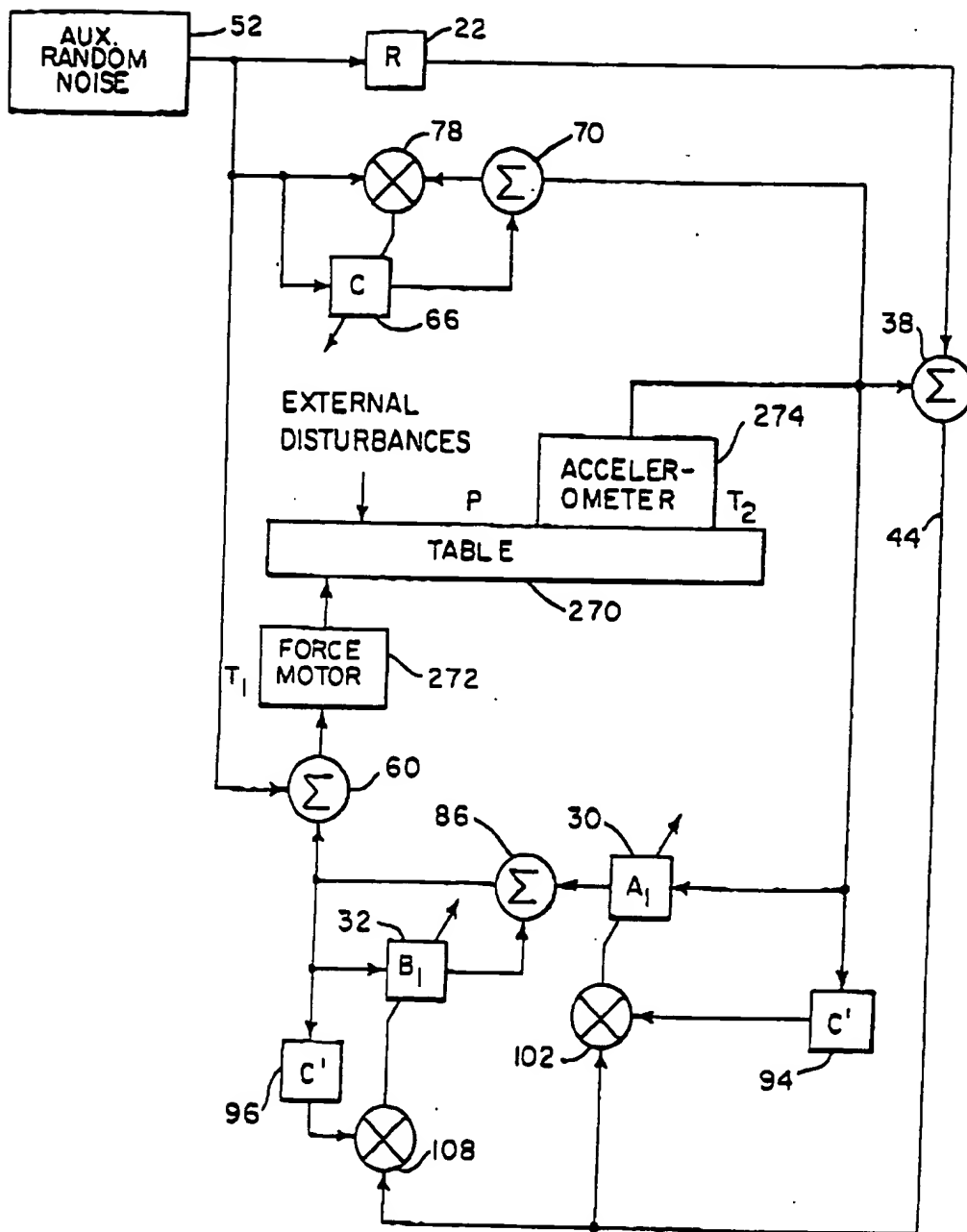


FIG. 12

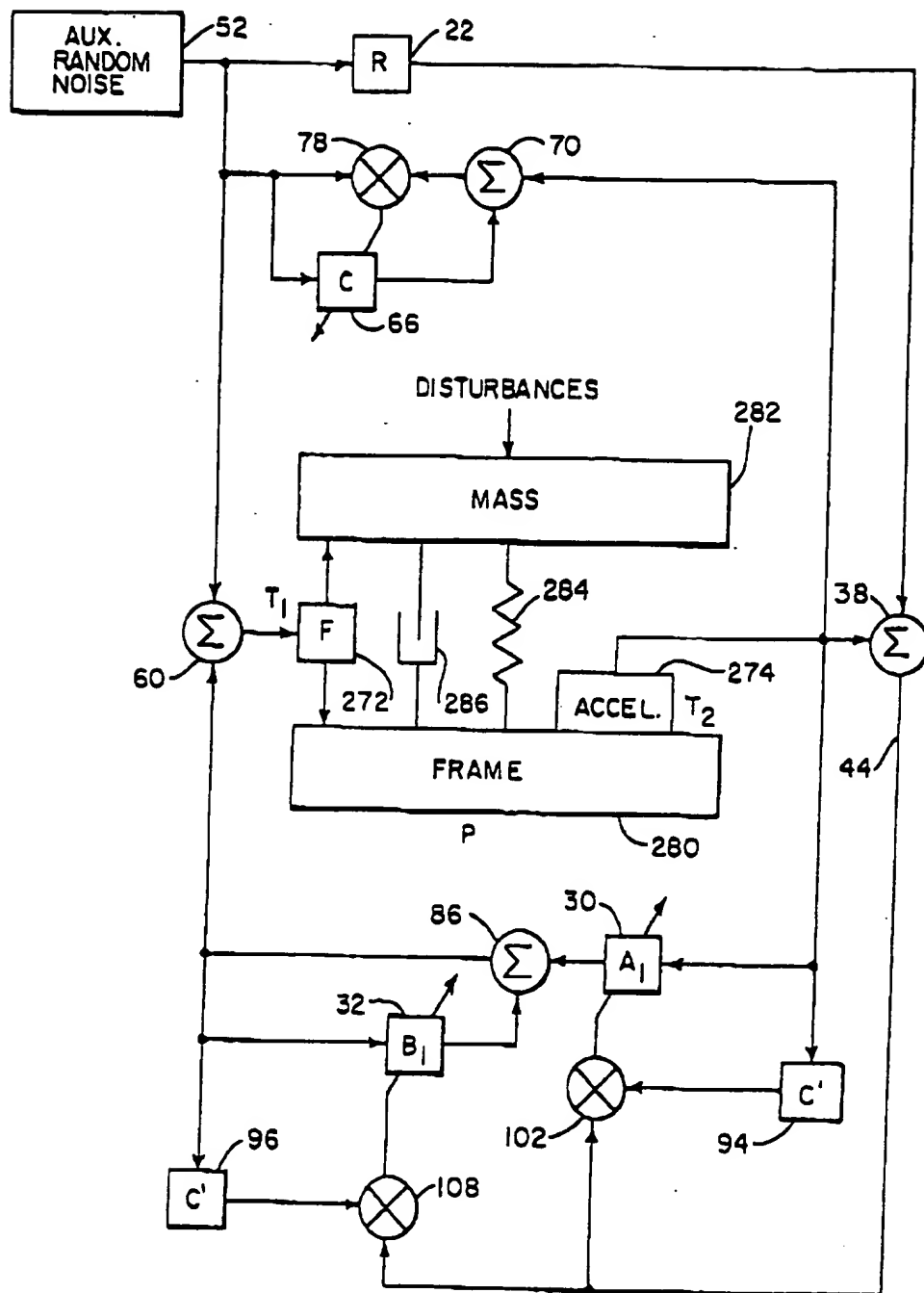


FIG. 13

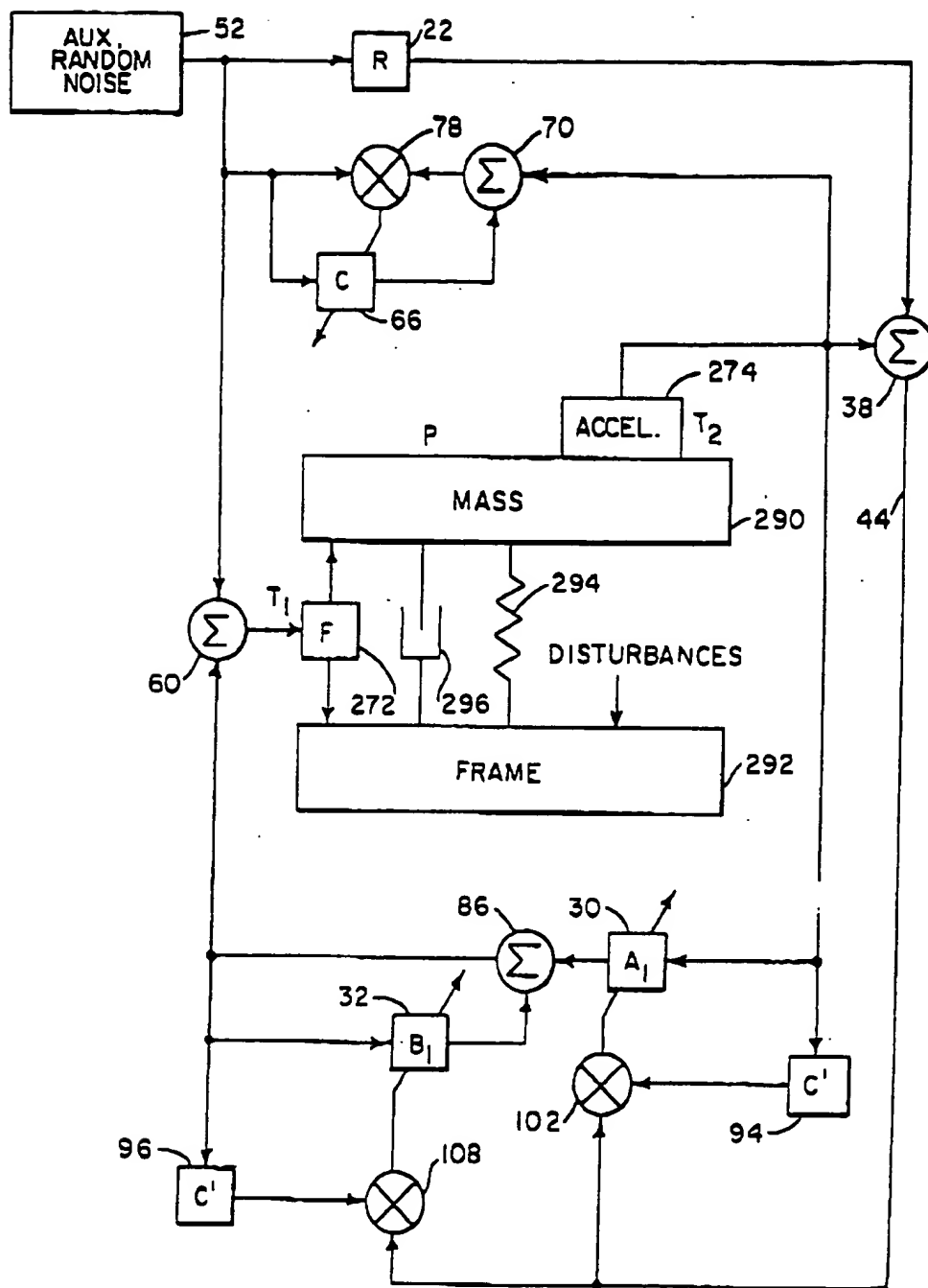


FIG. 14

